Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

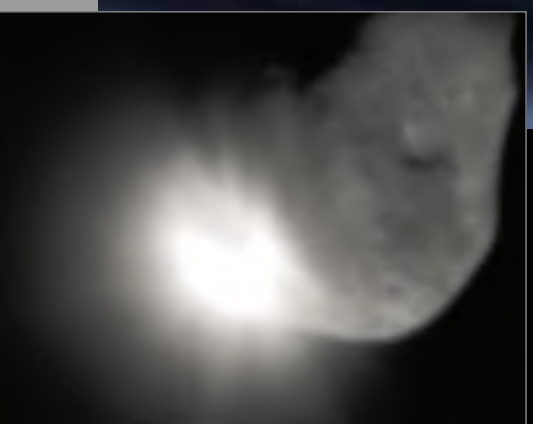
September
9 / 2005
€ 6,50 / sFr 12,50

JAGD NACH GRAVITATIONSWELLEN

Wie Sie mit Ihrem Computer Sternkollisionen aufspüren können

DEEP IMPACT ERFOLGREICH

Aufprall macht Innenleben des Kometen Tempel 1 sichtbar



JULES VERNE: Hommage von Rudolf Kippenhahn

POLARIS: Ein Stern, um den sich alles dreht

TELESKOPTECHNIK: Alles über Okulare

UNTERWEGS zu den Riesenteleskopen auf Hawaii

60463

09

4 196046 306506

Reinhard Breuer
Chefredakteur

Himmelsstürmer aus dem Land der Morgenröte

Planmäßig zerstört hat sich das Projektil der Nasa-Sonde »Deep Impact«. Am Morgen des 4. Juli rammte der Halbtonner den Kometen Tempel 1 und löste ein prächtiges Feuerwerk aus, das in einer beispiellos weltumspannenden Aktion observiert wurde. Unsere Mitarbeiterin Carolin Konermann verfolgte das Spektakel in der Zentrale der Europäischen Südsternwarte Eso in Garching bei München und erlebte morgens um acht Uhr, wie die scheinbar hartgesottenen Wissenschaftler nicht nur jubelten, sondern auch gehörig staunten (S. 8).

Auch die Japaner befinden sich bereits im Anflug auf einen Kometen. Diesen September soll die Robotersonde Hayabusa (»Wanderfalke«) sanft auf dem Asteroiden Itokawa landen, etwa einen Teelöffel Material einsammeln und dieses 2007 zur Erde bringen – die weltweit erste Mission solcher Art (S. 20).

»Jaxa« heißt das Kürzel, das man sich allmählich etwas besser merken sollte, die Japan Aerospace Exploration Agency. Sowohl Jaxas laufende Missionen als auch ihre langfristigen Projekte belegen, dass der Inselstaat es ernst damit meint, eine selbstständige Raumfahrtnation zu werden (www.jaxa.jp/missions/index_e.html). Das heißt nicht, dass es keine Fehlschläge gab. So taumelte Ende 2003 die japanische Marssonde Nozomi am Roten Planeten vorbei.

Doch das ist wohl Geschichte. In Japans Raumfahrt drängeln sich hochfliegende Pläne und Projekte. Sehr geschickt, scheint mir, partizipieren ihre Astronauten etwa am Ausbau der Internationalen Raumstation. Nächstes Jahr wird die Jaxa auch ein eigenes Forschungsmodul an der ISS anbringen. Erfahrung mit Weltraummedizin und Robotik zu sammeln gehört dabei zu ihren Forschungsschwerpunkten. Aber auch die Astronomie kommt nicht zu kurz. Zahlreiche Satelliten für die Himmelsbeobachtung, aber auch für Mond- und Planetenexpeditionen sind bereits im Bau. Anfang 2006 soll etwa »Selene« zum Erdtrabanten fliegen, »die größte Mondmission seit dem Apolloprogramm« (Jaxa). Vor Kurzem veröffentlichte die Jaxa ihre Vision für das Jahr 2025. Japans Ziel sei es, »in der Weltraumforschung eine führende Position in der Welt einzunehmen und mit eigenen Aktivitäten zur bemannten Raumfahrt sowie der Nutzung des Monds zu beginnen«.

DANIEL WEITENDORF

Daniel Weitendorf besuchte das Mauna-Kea-Observatorium.

Gibt es wirklich kein Bier auf Hawaii? Daniel Weitendorf hat sich aufgemacht und ist im Frühjahr dem Gerücht nachgegangen. Hauptsächlich hat er sich jedoch einen Traum erfüllt und das Observatorium auf dem Mauna Kea besucht, wo die größten optischen Teleskope der Erde stehen. Der Amateurastronom hat nicht nur festgestellt, dass es sehr wohl Gerstensaft auf den Vulkaninseln gibt. Mehr noch staunte er, als er in dreitausend Meter Höhe sein mitgebrachtes Vier-Zoll-Fernrohr auspackte und selbst beobachtete. »Überwältigt« sei er gewesen (S. 58).

INHALT

WISSEN

Astro News 8
Andromedanebel größer als gedacht, Methansee auf Titan, Sauerstoff aus Mondgestein u. a.

▶ **Gravitationswellen** 14
Mit dem Heimcomputer eines der letzten Rätsel Albert Einsteins lösen

Hayabusa 20
Im September erreicht Japans Asteroidensonde Itokawa

▶ **Jules Verne** 24
Der berühmte Sciencefictionautor starb vor hundert Jahren

▶ **Polarstern** 30
Direkt über dem Pol der nördlichen Hemisphäre sitzt ein heller Stern – ein Glücksfall für die Astronomen

BEOBACHTUNG

Deep Sky 36
M 27, der Hantelnebel im Sternbild Füchschen

Feldstechertipp 40
M 15 – grandioser Kugelsternhaufen im Sternbild Pegasus

Sterntafel 42
Der mitternächtliche Sternhimmel in der Übersicht

Planetarium 44
Planeten, die hellsten Sterne und die besten Deep-Sky-Objekte am Abendhimmel

Schauplatz Mond 46
Der Nord- und der Südpol unseres Trabanten im Fokus

SZENE

Planetarien 48
Das Cybernarium in Darmstadt

Kippenhahns Sternstunde 52
Von Profis, Amateuren und anderen

Vor Ort 54
Colaflaschen zu Raketen: die »Highlights der Physik« in Berlin

▶ **Unterwegs** 58
Sternegucken auf Hawaii

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▶ gekennzeichnet

TITEL

Einstein@home 14

Die Jagd nach dem experimentellen Nachweis von Gravitationswellen hat begonnen. Sie können über das Internet dabei sein!

20

MEF, A. IKESHITA / JAXA, ISAS

Einen Fingerhut voll Asteroidenmaterie soll die Sonde Hayabusa von 25143 Itokawa einsammeln und zur Erde bringen

Klassiker der Literatur

Jules Verne verknüpfte wissenschaftlich-technische Inhalte mit Romanhandlungen. Seine Bücher fesseln noch heute

24

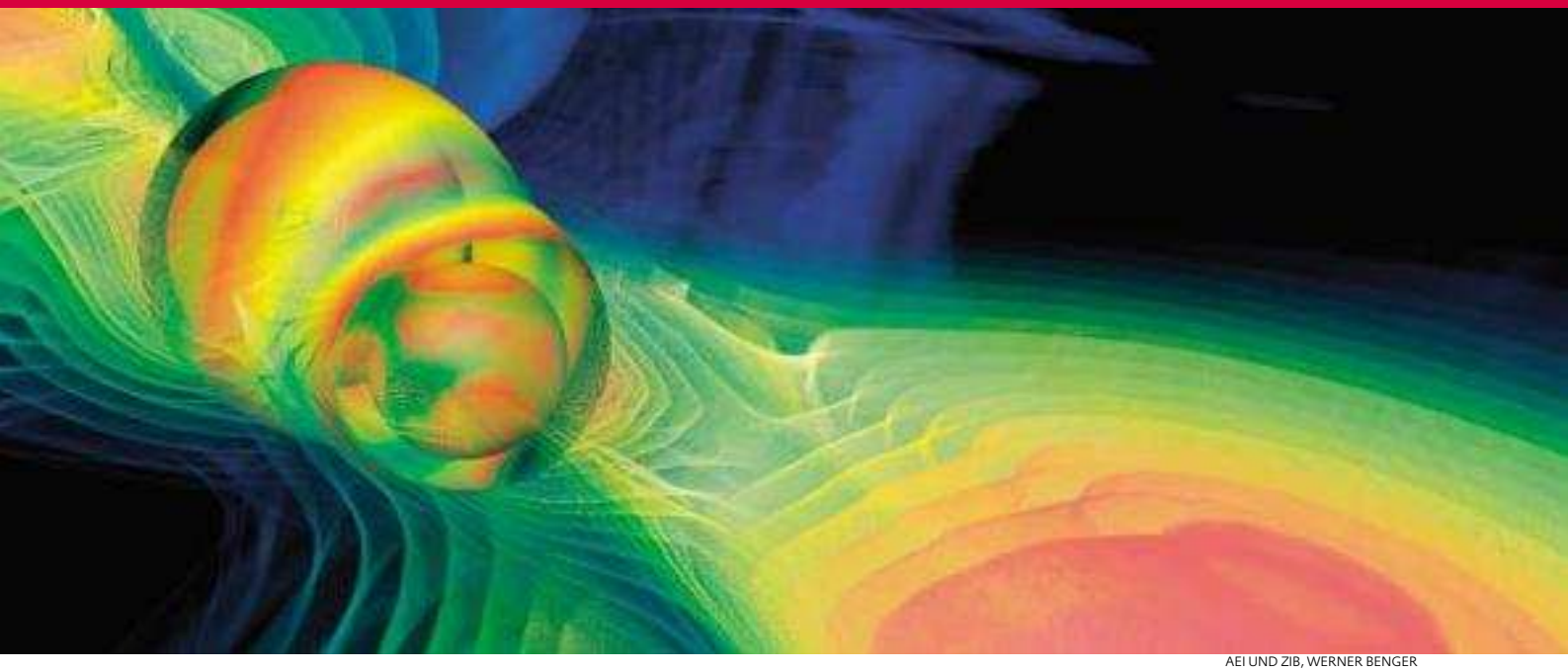
EULENSPIEGEL VERLAGSGRUPPE

30

BILL & SALLY FLETCHER

Drehpunkt des Himmels

Um ihn scheint sich das ganze Himmelsgewölbe zu drehen – der Polarstern



AEI UND ZIB, WERNER BENGER

48

STEFAN OLDENBURG

Virtuelle Sterne

Im Cybernarium wird der Besucher selbst zu einem Teil der Ausstellung. Von Weltraumschrott bis zur Sternreise per 3-D-Brille hat die Show in Darmstadt Astronomiefans einiges zu bieten

Okulare 64

So klein sie auch sind, Okulare bestimmen die Bildqualität in Ihrem Fernrohr. Wir stellen Ihnen die verschiedenen Typen vor und sagen, worauf es ankommt

NIGHT SKY, C.M. UTTER

TIPPS

Teleskoptechnik 64
Was Sie bei der Auswahl Ihrer Okulare beachten sollten

Glanzlichter 70
Tempel 1 vor und nach Deep Impact

Astronomie Online 74
Die Astrowettervorhersage aus dem WWW

Bücher 76
Weltbild Astronomie, Albert Einstein und Schwarze Löcher

TV & Events 78
3. Deutscher Astronomietag findet am 10. September statt

3 Editorial • 6 Leserbriefe / Leser fragen – Experten antworten • 80 Kleinanzeigen / Preisrätsel • 82 Vorschau / Impressum

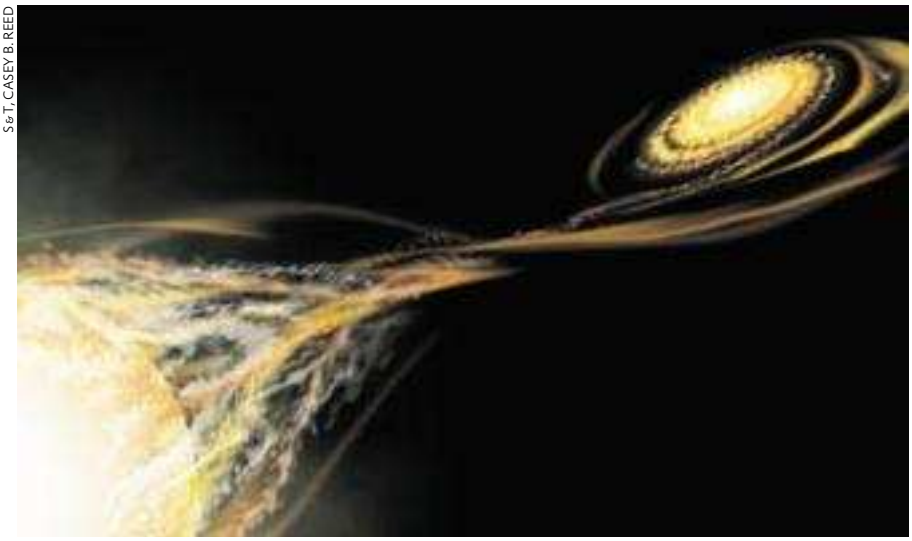
Titelbild: Einstein@home – Das Doppelsternsystem J0806, bestehend aus zwei Weißen Zwergen, ist eine starke Quelle für Gravitationswellen
Illustration: Nasa, GSFC, D. Berry

58

Astronomenparadies Hawaii

Unter glasklarem Himmel stehen weltberühmte Teleskope

DANIEL WEITENDORF



S&T, CASEY B. REED

Vorläufiges Endstadium Gelingt es Sternen, die sich in Doppelsternsystemen zu Weißen Zwergen entwickelt haben, Materie von ihrem Partner abzusaugen, so können sie als Supernova vom Typ Ia explodieren.

Weiße Zwerge

»Unendliche Weiten«, AH 6/2005, S. 30

Mir sind folgende Fehler aufgefallen: Ein Parsek entspricht 3,26 Lichtjahren (3,16 Lichtjahre ist falsch). Supernovae Ia sind Weiße Zwerge, die von einem Partner Materie aufnehmen. Erreichen sie die Chandrasekhar-Grenze von etwa 1,4 Sonnenmassen, so kollabieren sie zu einem Neutronenstern und nicht zu einem Schwarzem Loch (dazu wären mehr als drei Sonnenmassen nötig), falls sie nicht durch einsetzende Kohlenstofffusion explodieren.

Herbert Weinhandl, per E-Mail

Antwort des Autors Stephen Koszudowski:
Ein Parsek entspricht, wie Sie richtig bemerken, 3,26 Lichtjahren. Auch Ihre zweite Anmerkung ist korrekt: Bei Erreichen des Chandrasekhar-Limits kollabiert der Weiße Zwerg zu einem Neutronenstern und nicht zu einem Schwarzen Loch (siehe AH 4/2003, S. 29). Für diese Fehler entschuldigen wir uns.

Bewegung der Sonne

Den Beitrag fand ich sehr interessant und verständlich. Ich vermute aber einen Irrtum, wenn Sie schreiben, dass die Sonne im Lauf eines Jahres vier Astronomische Einheiten oder 600 Millionen Kilometer zurücklegt.

Die Sonne kreist mit einer Geschwindigkeit von zirka 220 Kilometern pro Sekunde um das Zentrum der Milchstraße. Somit müsste die Basis der säkularen Parallaxe etwa 46 Astronomische Einheiten beziehungsweise knapp sieben Milliarden Kilometer sein.

Dr. Reinhold Lühmann, Allensbach

Antwort des Autors:
Es ist tatsächlich so, dass sich die Sonne mit ungefähr 220 Kilometer pro Sekunde um das galaktische Zentrum bewegt. Für die säkulare Parallaxe nutzt man jedoch die Differenz der Sonnenbewegung zur Bewegung der Sterne, die sich in ihrer näheren Umgebung befinden. Diese »Standard-Sonnenbewegung« beträgt nur zwanzig Kilometer pro Sekunde. Somit bewegt sich die Sonne im Vergleich zu den Sternen in ihrer näheren Umgebung um zirka vier Astronomische Einheiten weiter.

Astro-DVD, Beilage in AH 7-8/2005

Es war eine großartige Idee, dem Juli/August-Heft eine DVD beizulegen.Ich kann mir vorstellen, dass die Verwirklichung nicht einfach war, meinen Glückwunsch. Das Heft ist wieder groß-artig in Gestaltung und Themenvielfalt und die DVD ist einfach Klasse. Vielen Dank und viel Erfolg bei der weiteren Arbeit.

Matthias Puhlmann, per E-Mail

Schneller Überblick

Ich habe Ihre Zeitschrift seit über einem Jahr abonniert und bin damit sehr zufrieden. Ich arbeite als Physiker am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching (MPE) auf dem Gebiet der komplexen Plasmen, wobei wir auch Experimente unter Schwerelosigkeit durchführen. Tatsächlich war unser Experiment PKE-Nefedov (www.mpe.mpg.de/theory/plasma-crystal/index_e.html) das erste wissenschaftliche Experiment auf der ISS. Wir haben auch schon selbst an zahlreichen Parabelflugkampagnen der Esa teilgenommen. Ihre Zeitschrift schätze ich vor allem deshalb, da sie mir einen schnellen Überblick über aktuelle Informationen aus dem Gebiet der Astronomie und Raumfahrt bietet. Auch für einen Profi ist es oft schwierig, den Überblick über die zahlreichen Raumfahrtprojekte zu behalten, da man sich meistens zu sehr auf sein eigenes Projekt konzentriert.

Dr. Markus Thoma, Garching

Flache Erde

»Die Welt der Astrologen«, AH 6/2005, S. 22

Den Artikel von Edgar Wunder habe ich mit Interesse gelesen. Bei der Auflistung von Pro und Kontra unterlief ihm ein Schnitzer: »Die Erde zum Beispiel hielt man jahrelang für eine flache Scheibe.« Dies ist ein verbreiteter Schulbuchirrtum. Kein halbwegs gebildeter Mensch hielt in den letzten 2500 Jahren die Erde für eine Scheibe. Die seit der Antike gängigen Argumente für die Kugelgestalt der Erde konnte man zum Beispiel seit dem hohen Mittelalter in Johannes Sacroboskos »De Sphaera« nachlesen, einem Standardwerk, das

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

jeder Artes-Student kennen musste, aber auch schon bei Pythagoras oder Aristoteles. Die beste Darstellung der kuriosen Vorstellung, es habe einmal eine herrschende Lehrmeinung gegeben, die eine flache Erde postuliert, ist meiner Kenntnis nach: Jeffrey Burton Russell, »Inventing the Flat Earth«, 2. Auflage, New York und andere, 1997. Ansonsten möchte ich Ihnen und dem Autor zu dem guten Artikel gratulieren.

Reinhard Glasemann, Frankfurt am Main

Antwort des Autors Edgar Wunder:
Herzlichen Dank für Ihren berechtigten Hinweis auf eine Schwachstelle des Artikels. Mir war beim Verfassen des Textes durchaus bewusst, dass sich der historische Sachverhalt so darstellt, wie Sie es schildern, habe aber aus Platzgründen darauf verzichtet, dies differenzierter darzulegen. Indem ich bewusst offen ließ, auf welchen Zeitraum und auf welche sozialen Schichten sich die Aussage bezieht, hoffte ich, dass die historisch Wissenden Nachsicht mit mir üben, als man sie auch auf die Zeit vor über 2500 Jahren oder auf die breite Masse der Ungebildeten beziehen könnte. Aber Sie sehen, wie schwer es ist, in knapper Form Mythen zu dekonstruieren, ohne dabei nicht gleichzeitig wieder andere Mythen zu befördern.

Halos und Nebensonnen

»Sinfonie des Sonnenlichts«,
AH 6/2005, S. 16

Den Bericht fand ich sehr gelungen. Gerade jetzt im Urlaub konnte ich mit meiner Frau dieses Phänomen beobachten.

Jürgen Blodszun, Berlin Wittenau

»Leser fragen – Experten antworten«

Sind am Frühlingsanfang, an dem die Tages- und Nachtlänge gleich sein sollten, überall auf der Erde vom Nord- bis zum Südpol Tag und Nacht gleich lang?

Dr. Eberhard Krain, Bremen

Die Sonne steht am Tag des Frühlingsanfangs auf dem Himmelsäquator, der dann bei allen geografischen Breiten genau zur Hälfte oberhalb des mathematischen Horizonts verläuft. Deshalb ist die mathematische Sonne, also der Mittelpunkt der Sonnenscheibe, überall genau zwölf Stunden über dem mathematischen Horizont. Streng genommen gilt das nur, wenn der exakte Frühlingsanfang in der Mitte des jeweiligen Tages liegt.

Konventionell werden die Zeiten des Sonnenauf- und -untergangs nicht gemäß dieser einfachen Überlegung berechnet. In Deutschland ist der Sonnenaufgang per Definition der Zeitpunkt, in dem die mathematische Sonne noch fünfzig Bogenminuten unterhalb des mathematischen Horizonts steht. Entsprechend ist der Sonnenuntergang der Moment, zu dem sie sich bereits fünfzig Bogenminuten unterhalb des Horizonts befindet. Der Tag der »Tag- und-Nacht-Gleiche« ist also länger als zwölf Stunden! Bei fünfzig Grad geografischer Breite sind das über zehn Minuten, am Äquator knapp sieben Minuten.

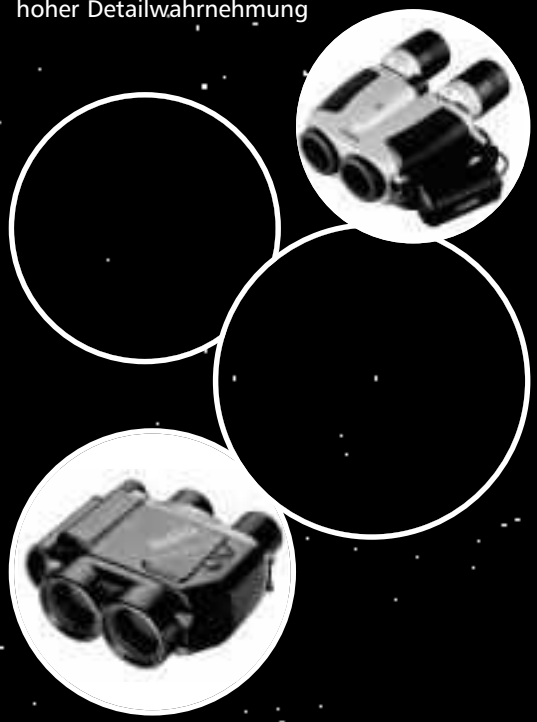
Die Idee dahinter ist, dass man den Auf- beziehungsweise Untergang als den Augenblick festsetzt, an dem die Blickrichtung zum oberen Rand der Sonnenscheibe genau waagrecht ist, und zwar unter Berücksichtigung der Lichtbrechung in der Erdatmosphäre. Als Radius der Sonnenscheibe setzt man dabei 16 Bogenminuten an. Die Lichtbrechung am Horizont wird pauschal mit 34 Bogenminuten angenommen. Beide Werte sind in Wahrheit etwas veränderlich. Der Radius der Sonnenscheibe variiert wegen des wechselnden Abstands zwischen Sonne und Erde, die Lichtbrechung durch die wetterbedingten Änderungen der Luftdichte. **>> Ulrich Bastian**

Der Autor arbeitet am Astronomischen Recheninstitut (ARI) in Heidelberg und beschäftigt sich mit hochgenauer Astrometrie per Satellit.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

FUJINON

Fujinon Techno-Stabi
ungezwungene freihändige Himmelsbeobachtung mit hoher Detailwahrnehmung



Bereits 10-fache Vergrößerung gehört eigentlich auf ein Stativ; freihändig verliert man rund die halbe Wahrnehmung.

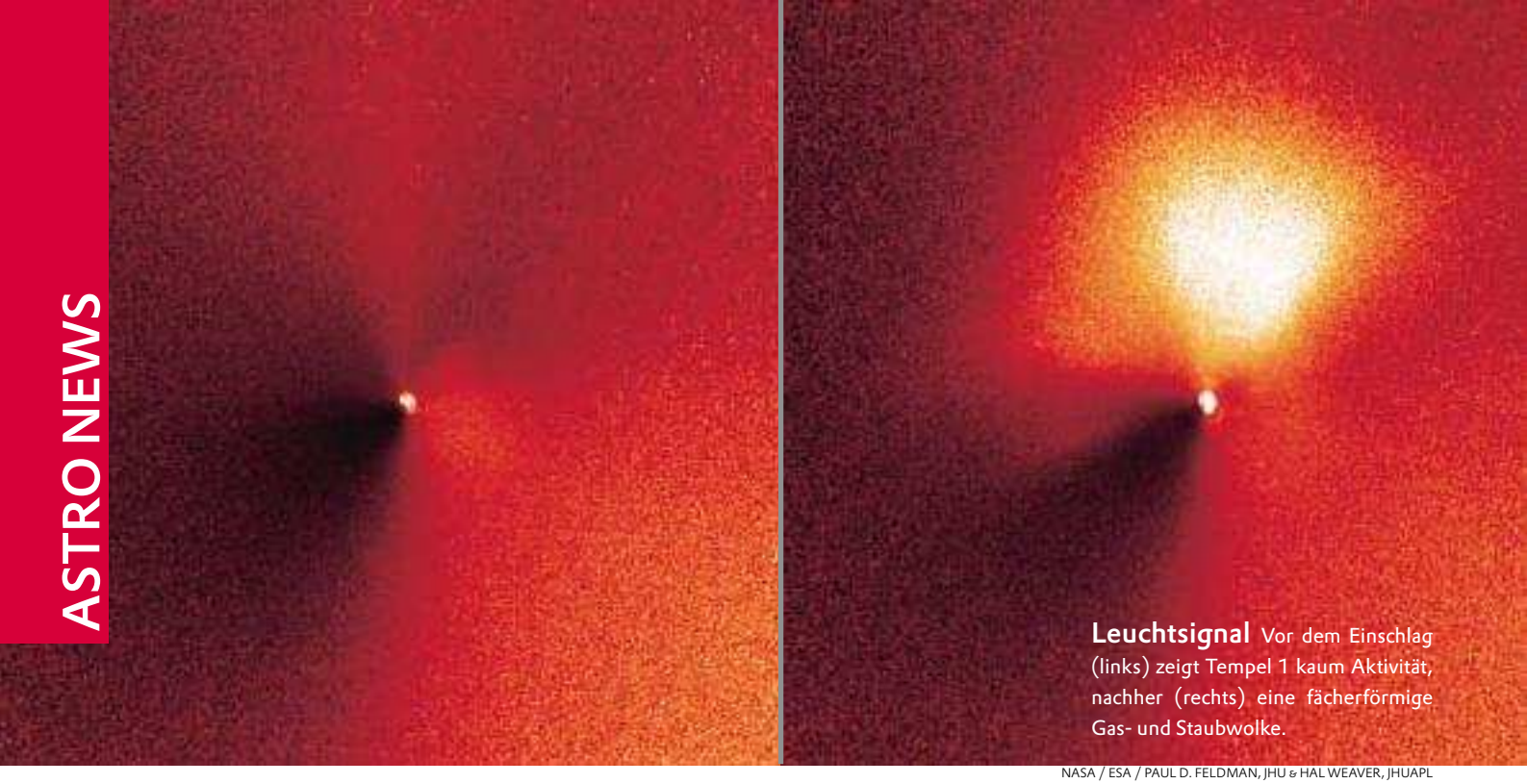
Das Techno-Stabi bietet 12- oder 14-fache Vergrößerung ohne jeden Wahrnehmungsverlust. Der Bildstabilisator sorgt für ein ruhiges Bild, als ob man ein Stativ benutzt. Nicht nur Muskelzittern wird ausgeglichen, auch starke Stöße werden vollständig egalisiert.

Im Vergleich zu einem freihändigen, nicht stabilisierten Fernglas mit 10-facher Vergrößerung bietet das 14x40 Techno Stabi die 4-fache Detailwahrnehmung. Durch das ruhige Bild sind schwächere Sterne als mit normalen Gläsern gleicher Öffnung sichtbar. Der Gewinn beträgt mehr als eine Größenklasse; die Grenzgröße liegt jenseits 10mag. Grenzgröße und Detailwahrnehmung werden vor allem durch die relativ hohe Vergrößerung erreicht. Der Ringnebel M57 ist nicht mehr ein schwacher Stern zwischen anderen Sternen, sondern als kleine Nebelscheibe deutlich sichtbar. Ähnlich ist es bei vielen schwächeren Messier-Galaxien. Viele kleine und schwache Wölkchen in der Milchstraße zeigen im Techno Stabi Einzelsterne und erweisen sich als offene Sternhaufen. Bei guten Bedingungen ist sogar der Begleiter von M51 zu sehen. All dies mit "nur" 40mm Öffnung und freihändig.

Sommeraktion Fujinon Techno-Stabi

TS 12x32, silber oder schwarz	€ **499,-**
TS 14x40, schwarz	€ **999,-**

Intercon Spacetec
Gablinger Weg 9h Fax 0821-414 085
86154 Augsburg Tel. 0821-414 081
www.intercon-spacetec.de



Leuchtsignal Vor dem Einschlag (links) zeigt Tempel 1 kaum Aktivität, nachher (rechts) eine fächerförmige Gas- und Staubwolke.

NASA / ESA / PAUL D. FELDMAN, JHU & HAL WEAVER, JHUAPL

DEEP IMPACT

Stauborgie auf Tempel 1

Am 4. Juli hat die Sonde Deep Impact einen Kometen bombardiert. Das Ergebnis: grandiose Fotos und beeindruckte Forscher

Guten Morgen Europa. Millionen Jahre lang haben Kometen unseren Planeten bombardiert. Heute schlagen wir zurück.« Diese Kampfansage stammt nicht von der Nasa, sondern vom Moderator im Esa-TV auf der Videoleinwand. Kurz nach sieben an diesem Montagmorgen beobachten ihn die Wissenschaftler und Journalisten in der Europäischen Südsternwarte Eso in Garching bei München bereits mit Spannung: Keine Stunde mehr, dann wird das Projektil der Deep-Impact-Sonde in den Kometen Tempel 1 einschlagen.

Zwar ist es Amerika, das mit dem Spektakel seiner Wissenschaft ein kraterförmiges Denkmal setzen wird. Doch die Europäer hat das Fieber gleichermaßen gepackt. Sämtliche Sonden und Observatorien auf und über dem Erdball haben ihre Linsen auf diesen einen, bis vor Kurzem noch vollkommen unbedeutenden Kometen gerichtet. In einer nie da gewesenen Kooperation haben die Astronomen weltweit ein Kommunikationsnetz aufgebaut, über das jeder sofort auf sämtliche Daten zugreifen kann. Jetzt stehen alle ungeduldig in den Startlöchern.

Schon 24 Stunden vor dem geplanten Einschlag am 4. Juli 2005 hat die Sonde Deep Impact, die sich seit Januar 2005 auf dem Weg zu Tempel 1 befindet, ihr Geschoss ausgeklinkt, den »Impaktor« (siehe AH 7-8/2005, S. 24). Seither steuert der waschmaschinengroße Kupferklotz mit seinen 372 Kilogramm Gewicht auf den Kometen zu.

Bis zum letzten Augenblick

Drei Kurskorrekturen, dann stellt sich das Projektil dem Kometen entgegen. Mit 10,2 Kilometer pro Sekunde krachen die beiden aufeinander. Kollision um 7.52 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit – exakt wie geplant. Die Videoleinwand im Eso-Zentrum zeigt die euphorischen Jubelausbrüche im Nasa-JPL (Jet Propulsion Laboratory), als dort das Bestätigungssignal ankommt. Hier honoriert man die Leistung der Amerikaner mit Beifall.

Nun aber bricht auch unter den Europäern die Aufregung los. Bis kurz vor dem Einschlag hat der Impaktor Fotos von seinem Ziel geschossen, die jetzt auf der Leinwand erscheinen. Und diese Bilder, das muss man der Nasa neidlos lassen, sind schlicht großartig. Keiner im Eso-Zentrum, der nicht Mund und Augen weit aufgerissen hat, manch einer macht seinem Erstaunen laut Luft.

War auf dem ersten Impaktorfoto, dreißig Minuten vor dem kritischen Moment aufgenommen, dank intensivem Ausgasen von Tempel 1 nichts zu sehen als eine völlig überstrahlte Raute vor schwarzem Hintergrund (Bilder rechts), sieht der Komet sechs Minuten vor dem Einschlag zumindest schon wie ein abgerundeter, ungleichmäßig geformter großer Stein mit Licht- und Schattenseite aus. Weder Koma noch Schweif verschleiern jetzt noch die Sicht auf den Kern. Nur eine Minute später ist Tempel 1 bereits formatfüllend im Bild, Wälle, Krater und ein großes Becken sind deutlich zu erkennen. Ist es Einbildung oder ähnelt die Oberfläche tatsächlich verklebtem Schnee? So nah hat kein Mensch je einen Kometen zu sehen bekommen. Neunzig Sekunden vor der Kollision: Deutlich zeichnen sich zwei große Krater ab. Genau dazwischen soll der Impaktor zielen. Dreißig, zwanzig Sekunden – die Kamera ist bereits so nah dran, dass das ungeübte Auge

nur noch helle und dunkle Flächen sieht. Nur drei Sekunden vor dem Einschlag schießt der Impaktor sein letztes Foto.

Als die Videoleinwand wieder weiß wird, fangen die Wissenschaftler im Eso-Zentrum auch schon an zu diskutieren, werden jedoch sofort von den Journalisten vereinnahmt. Rudolf Albrecht, bei Eso und Esa zuständig für das Hubble-Weltraumteleskop, urteilt: »Es war sowohl für die Wissenschaft als auch für die Medien das beste zu erwartende Ergebnis. Wir haben sofort optisch gesehen, dass da massiv etwas passiert ist.«

Aus den Fotos ließen sich bereits erste Schlüsse ziehen, sagt er. »An den Landschaftsformen haben wir gesehen, dass der Komet eindeutig eine Kruste besitzt.« Das beantwortet eine der vielen Fragen über Kometen, über die bisher keine Gewissheit bestand. »Sie dürfte einige Meter dick sein – keine dutzend oder gar hundert Meter.« So weit, so erwartet – doch Neues gab es auch für Albrecht. »Was mich überrascht, ist diese Beckenlandschaft«, führt er aus. Möglicherweise habe dort das Ausgasen des Kometen in Sonnennähe die Kruste unterhöhlt, die dann als Ganzes eingebrochen sei.

Letzte Frage: Wie kaputt ist der Impaktor jetzt eigentlich? »Sehr kaputt«, lautet Albrechts überzeugende Antwort.

Noch am nächsten Tag beherrscht Deep Impact die Nachrichten. Astronomie ist das Gesprächsthema der Woche. Die Bildzeitung verbreitet Panik (»Was haben wir da angerichtet? Die unheimliche Kometen-Wolke«), die Webseite der Nasa meldet Besucherrekord, und manch einer frotzelt über die Amerikaner, die ja bekanntlich gut darin seien, aus großer Entfernung kleine Ziele zu treffen. Auch für Hobbyastronomen war der Einschlag mit einem guten Fernrohr zu sehen (Glanzlichter, S. 70).

Für die Astronomen geht es jetzt erst so richtig los. In den folgenden Wochen veröffentlichen die Observatorien täglich neue Bilder und Auswertungen.

Das Hauptaugenmerk der Wissenschaftler ist auf die gigantische Staubwolke gerichtet, die der Einschlag augenblicklich freigesetzt hat. Mit bis zu 1800 Kilometer pro Stunde wird das verdampfte Kometenmaterial ins All geschleudert. Innerhalb von 24 Stunden hat die Wolke bereits einen Durchmesser von 20 000 Kilometern erreicht. Fächerförmig breitet sie sich immer weiter ins All aus.

Aus dieser Struktur können die Forscher bereits ermessen, dass das Innere des Kometen relativ dicht sein muss und das Projektil daher nicht allzu tief eingedrungen sein kann. Andernfalls wäre das Material nicht in Form eines Fächers, sondern einer Säule herausgeströmt. Überrascht sind die Astronomen über die Menge der ausgestoßenen Materie. Mehrere zehntausend Tonnen Material wurden freigesetzt. Damit ließe sich ein ganzes Fußballfeld mit einer dreißig Zentimeter dicken Schicht aus puderfeinem Staub bedecken. Möglich, dass es auf dem Kometen ähnlich aussah.

Keine Urmaterie – bis jetzt

Die Kratergröße vermuten die Wissenschaftler daher am oberen Ende der ursprünglichen Schätzungen: bei ungefähr 250 Meter Durchmesser. Dennoch, die Hoffnung, dass aus der Tiefe des Kraters auch Urmaterie herausgeschleudert wurde, Material aus der Entstehungszeit des Kometen, bestätigte sich nicht. Offenbar ist die durch Sonnenvorbeiflüge chemisch veränderte Schicht dicker als erwartet. Wenn Tempel 1 in den Tagen nach dem Einschlag näher am Zentralgestirn vorbeifliegt, könnte der neu entstandene Krater zur neuen Angriffsfläche für die Sonnenhitze werden. Möglicherweise treten dann noch Gase aus dem unberührten Kometeninnern aus.

Unbekannte Stoffe sind in den Spektrogrammen der Forscher bereits aufgetaucht. Neben Wasser und bekannten Kohlenstoff- und Wasserstoffverbindungen wie Cyanidwasserstoff (Blausäure) haben die Spektralanalysen der Wolke auch Substanzen angezeigt, die in den Schweifen von Kometen bisher noch nie gemessen wurden. Die genauen Bestimmungen sind im Gange: Noch für Wochen und Monate werden die Forscher mit der Auswertung aller Messergebnisse beschäftigt sein. Fest steht bereits jetzt, dass die Mission Deep Impact unser Wissen über die eisigen Himmelsstürmer um einige Kapitel erweitert.

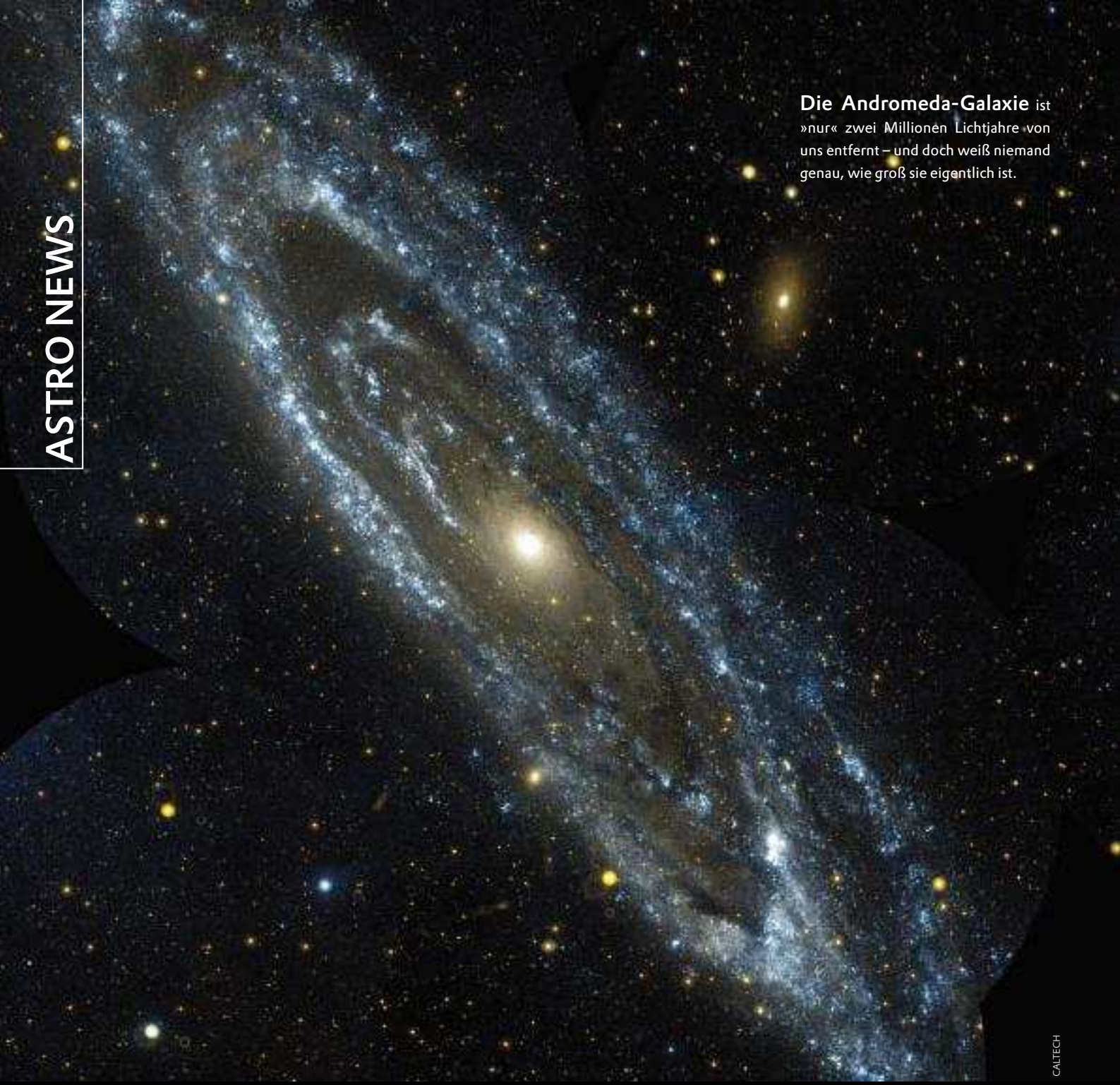
Den Kometen hingegen hat das ganze Spektakel kalt gelassen. Bereits zwei Wochen danach schickt er wieder ungerührt seine eigenen, natürlichen Materieausstöße ins All. Er sieht genauso aus wie früher – bis auf einen neuen Krater, auf dessen Grund die Reste eines geschmolzenen Kupfergeschosses liegen.

>> Carolin Konermann

Zoom Aus großer Entfernung reflektiert die Gashülle des Kometen zu viel Licht für die empfindliche Impaktorkamera. Seitlich sind jedoch strahlenförmig abgehende Gaseruptionen zu erkennen. Im Anflug bekommt Tempel 1 Struktur. Das Bild der Esa Optical Ground Station auf Teneriffa zeigt die Struktur der Materiewolke.

3 S/W-FOTOS: NASA, JPL / CALTECH / U. MARYLAND

ESA



Die Andromeda-Galaxie ist »nur« zwei Millionen Lichtjahre von uns entfernt – und doch weiß niemand genau, wie groß sie eigentlich ist.

CALTECH

GALAXIEN

Andromedanebel viel größer als gedacht

Die Andromeda-Galaxie M31 ist möglicherweise dreimal so groß wie bisher angenommen. Scott Chapman vom California Institute of Technology und seine Kollegen gehen davon aus, dass der Durchmesser des nur zwei Millionen Lichtjahre entfernten Nachbarn der Milchstraße nicht 70000, sondern 220000 Lichtjahre beträgt. Das entspricht am Nachthimmel einer Länge von zwölf aneinander gelegten Vollmondscheiben. Zum Vergleich: Unsere Galaxie hat einen Durchmesser von ungefähr 100000 Lichtjahren.

Die Forscher hatten die Radialgeschwindigkeiten von 5000 Sternen in den Außenbezirken der Andromeda-Galaxie bestimmt und sich dazu des Isaac-Newton-Teleskops auf den Kanaren und des Keck-II-Teleskops auf Hawaii bedient. Dabei stellten sie fest, dass die meisten Sternbahnen dort ähnlich geordnet verlaufen wie in der inneren Scheibe. So weit draußen erwartete man bisher vor allem Halosterne, die sich außerhalb der Scheibe und auf zufälligen Bahnen bewegen. Nun scheint gewiss, dass auch diese fernen Sterne der Galaxienscheibe angehören.

DUNKLE MATERIE

Lösen Wimps das kosmische Rätsel?

Eigentlich hatte Dominik Elsässer bei seiner Diplomarbeit nicht mit spektakulären Ergebnissen gerechnet. Schließlich wertete der 24-Jährige Daten des Compton Gamma-Ray Observatory (CGRO) aus, die bereits von unzähligen Experten unter die Lupe genommen worden waren. Doch in einer der Messkurven stolperte Elsässer über eine kleine Unebenheit, die zu keiner der gängigen Theorien passen wollte.

Jetzt vermutet er zusammen mit seinem Betreuer an der Universität Würzburg, Karl Mannheim, dass es sich dabei um die seit Langem gesuchten geisterhaften Teilchen handelt, die wohl den Großteil der Dunklen Materie im Universum ausmachen: Wimps.

Diese lassen alles außer ihresgleichen unberührt, abgesehen von der Schwerkraft ihrer für Elementarteilchen immens hohen Masse: Entgegen bisheriger Schätzungen wiegen sie doppelt so viel wie ein Goldatom!

Die merkwürdige Beule in der Messkurve deutet offenbar auf den Zusammenstoß zweier Wimps, die sodann – vergleichbar mit der Paarvernichtung eines Elektrons mit einem Positron – in einem Blitz aus Gammastrahlen sehr hoher Energie vergehen.

Einige Forschergruppen suchen die Wimps mit speziellen Detektoren. Jetzt, wo sie wissen, welche Masse diese Teilchen zu haben scheinen, werden sie es leichter haben.

TITAN

Methansee im Krater?

Auf Bildern der Raumsonde Cassini von dem Saturnmond Titan haben Wissenschaftler um Christophe Sotin von der Université de Nantes einen Eisvulkan entdeckt. Sie vermuten, dass aus dem dreißig Kilometer hoch gelegenen Krater Methan und Eis ausgetreten sind. Womöglich speist sich auch die methanreiche Atmosphäre des 5150 Kilometer großen Trabanten aus solchen Quellen.

Die lange Zeit vermuteten Meere aus Kohlenwasserstoffen habe man bisher aber nicht entdeckt: Vielmehr sei die minus 180 Grad Celsius kalte Oberfläche im Umfeld des Vulkans trocken und von Salzen bedeckt.

Schon im Mai hatte Cassini auf Titan einen ungewöhnlich hellen Fleck von der Größe Irlands entdeckt, der entweder auf vulkanisch aufsteigendes Wassereis und Ammoniak schließen lässt oder aber vor nicht allzu langer Zeit durch den Einschlag eines Meteoriten entstand.

Anfang Juli zeigte sich hingegen auf anderen Aufnahmen der Raumsonde unweit des Südpols eine auffällige dunkle Fläche, bei der es sich um einen See aus flüssigen Kohlenwasserstoffen handeln könnte. Das Gebiet ist von einer küstenähnlichen Linie begrenzt und ungefähr 70 mal 230 Kilometer groß – das entspricht etwa der Fläche Schleswig-Holsteins. Da der Südpol die wolkenreichste Region Titans ist, sind Niederschläge aus Methan, Kohlendioxid, Wassereis oder Ammoniak hier am wahrscheinlichsten.

Allerdings können die Forscher auch nicht ausschließen, dass der See längst ausgetrocknet ist. Zudem könnte die Senke mit irgendeinem dunklen Material angefüllt ist.

NASA, JPL / SPACE SCIENCE INSTITUTE

So groß wie Schleswig-Holstein: ein Methansee?

TELESKOPE

Erfolg für Hess

Mit der in Namibia von einem internationalen Forscherkonsortium betriebenen Teleskopanlage Hess wurde eine bisher unbekannte Quelle von Gammastrahlung entdeckt, die den Namen Hess J1826-148 erhielt. Hess besteht aus vier Tscherenkowteleskopen von je rund zwölf Meter Durchmesser (Foto). Sie spüren die bläulichen Tscherenkowlichtblitze auf, die Gammastrahlen in der Erdatmosphäre erzeugen.

MPI-K, HEIDELBERG

Einer für alle Vier solcher Teleskope sind in einem Quadrat mit 120 Meter Seitenlänge aufgestellt.

Bei dem Fund handelt es sich um einen Mikroquasar – also einen kollabierten Stern –, der mit dem Riesenstern LS 5039 ein Doppelsternsystem bildet (siehe AH 1-2/2004, S. 26). Er saugt Materie von dem Riesen ab und bildet eine Scheibe aus. Ein Teil des ionisierten Gases fällt jedoch nicht auf das kompakte Objekt, sondern wird von Magnetfeldern auf zwanzig Prozent der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und als gebündelte Jets senkrecht zur Scheibe weggeschossen.

Noch ist unklar, ob der kollabierte Stern einen Neutronenstern oder ein Schwarzes Loch gebildet hat.

Verzögerungen beim Shuttlestart

Bei Redaktionsschluss war die »Discovery« noch am Boden. Das Startfenster ist bis zum 31.7. offen. Aktuelle News unter: www.astronomie-heute.de

NASA

RAUMFAHRT

Atemluft aus Mondgestein

Die Nasa will zum Mond – und zwar mit wenig Gepäck. Deshalb sollen die Besucher für ihren eigenen Sauerstoff sorgen. Immerhin gibt es den dort satt, nur ist er schwer zu gewinnen, denn er steckt in den Gesteinen. Die bestehen ihrerseits aus Mineralen, die, wie die meisten irdischen Pendants auch, überwiegend Oxide sind – also Sauerstoffmoleküle enthalten. Sie zu extrahieren ist bisher unmöglich, jedoch nicht undenkbar. Weil aber auch der Nasa dazu bisher nichts einfiel, schrieb sie einen Wettbewerb aus: Wer es schafft, kriegt 250 000 Dollar.

Wer an MoonROx (Moon Regolith Oxygen) teilnehmen will, hat bis Juni 2008 Zeit und muss ein Gerät erfinden, mit dem er in acht Stunden mindestens fünf Kilogramm atembaren Sauerstoff produzieren kann.

Für die Versuche wird ein Ersatzmaterial aus vulkanischer Asche verwendet. Denn echtes lunares Gestein kostet um die 50 000 Dollar pro Gramm und ist zu wertvoll, um es in Luft aufzulösen.

Weitere Informationen finden Sie im Internet: www.fsri.org/space_research_Moon_ROx.htm

250 000 Dollar für den, der Sauerstoff aus Mondgestein gewinnen kann

BRAUNE ZWERGE

Den Sternen ähnlicher als den Planeten

Während Sterne aus rotierenden Gas- und Staubwolken entstehen, bilden sich die Planeten aus dem Material, das scheibenförmig um das junge Gestirn kreist. Was aber ist mit Braunen Zwergen? Seit Langem treibt Forscher die Frage um, ob das Sterne sind oder Planeten. Immerhin weisen Beobachtungen der letzten Jahre darauf hin, dass diese verhinderten Sterne von Staubscheiben umgeben sind und somit eher den normalen, massereicheren Sternen ähneln.

Eine Arbeitsgruppe unter der Leitung von Emma Whelan vom Dublin Institute for Advanced Studies hat diese Hypothese jetzt mit einer weiteren Beobachtung gestärkt: Mit einem der Acht-Meter-Teleskope des Very Large Telescope in Chile entdeckten sie in der Region um den Stern Rho Ophiuchi zum ersten Mal einen Braunen Zwerg mit einem Jet. Er geht von den Polen des Himmelskörpers aus und schleudert Materie mit einer Geschwindigkeit von 45 Kilometer pro Sekunde 1,5 Billionen Kilometer weit ins All – das entspricht der 10 000fachen Entfernung zwischen Erde und Sonne.

Solche Jets sind typische Merkmale sehr junger Sterne, etwa der T-Tauri-Sterne. Sie sind weniger als eine Million Jahre alt und speisen sich noch nicht durch thermonukleare Reaktionen in ihrem Innern.

Braune Zwerge sind hingegen so massearm – sie verfügen über die 13- bis 75-fache Masse des Jupiters –, dass sie im Kern niemals die Temperatur für die Wasserstofffusion erreichen.

EXTRASOLARE PLANETEN

Drei Sonnen am Himmel

CALTECH

Drei Sonnen über dem Horizont eines hypothetischen Monds, der um den neu entdeckten Planeten im Dreifachsystem HD 18873 kreist. Der Planet, ein Gasriese, ist im Bild oben links.

Die weltweite Suche nach Planeten außerhalb unseres Sonnensystems – so genannten Exoplaneten – macht rasante Fortschritte. Unlängst verblüffte Maciej Konacki die Öffentlichkeit mit einem spektakulären Fund. Der Planetenforscher von California Institute of Technology entdeckte einen Exoplaneten von der Größe Jupiters, der einem Dreifach-Sternsystem angehört. Es ist der erste derartige Fund überhaupt.

Das System HD 18873 liegt im Sternbild Schwan. Mit Hilfe des Zehn-Meter-Keck-I-Teleskops auf Hawaii und einer neuen Beobachtungstechnik war es Konacki möglich, die Radialgeschwindigkeiten von allen drei beteiligten Sternen zu analysieren. Dabei stieß er auf den Planeten, der den Hauptstern des Systems einmal in nur dreieinhalb Tagen umkreist.

Konackis Entdeckung ist deshalb spektakulär, weil der Wissenschaftler damit den Nachweis erbrachte, dass Planeten in solchen komplizierten Sternsystemen überhaupt existieren können. Wegen der sich überlagernden Schwerkraftwirkungen der umeinander kreisenden Sterne war man nämlich bisher davon ausgegangen, dass Planetenbahnen in solchen Systemen nur in äußerst seltenen Fällen stabil sein können.

Nur wenige Tage zuvor hatten Astrophysiker der Universität Jena die Existenz eines Exoplaneten in einem (ehemaligen) Doppelsternsystem nachgewiesen. Die Forscher um Ralph Neuhäuser entdeckten einen Weißen Zwerg, der um den Stern Gliese 86 (Gl 86) kreist.

Gl 86 ist etwa 35 Lichtjahre von der Erde entfernt und liegt im Sternbild Eridanus. Schon seit 1998 ist bekannt, dass er von einem massereichen Planeten begleitet wird. Die zusätzliche Anwesenheit eines Weißen Zwergs bedeutet, dass der Planet einst einem System mit zwei Sonnen angehörte, von denen eine mittlerweile zu dem Weißen Zwerg kollabiert ist.

Mitarbeiter dieser Rubrik:

Carolin Konermann, Frank Schubert

Aktuelle Meldungen aus Astronomie und Raumfahrt finden Sie auch unter: www.wissenschaft-online.de/astronomie

Astronomik

Neuheiten !

UHC-E Filter

Diese neue Variante aus der UHC Familie besitzt gegenüber des bekannten Astronomik UHC Filters eine etwas größere Halbwertsbreite und eine etwas geringere Transmission. Das macht ihn in der Herstellung preiswerter und somit auch für einen engen Geldbautel erschwinglich! Trotz der kostengünstigeren Produktion übertrifft das UHC-E Filter in seiner Qualität die meisten Schmalband-Filter anderer Anbieter! Das UHC-E Filter empfiehlt sich besonders als preiswerte Alternative zum Profi UHC Filter für Geräte bis 15 Zentimeter Öffnung.

ab 65.- €

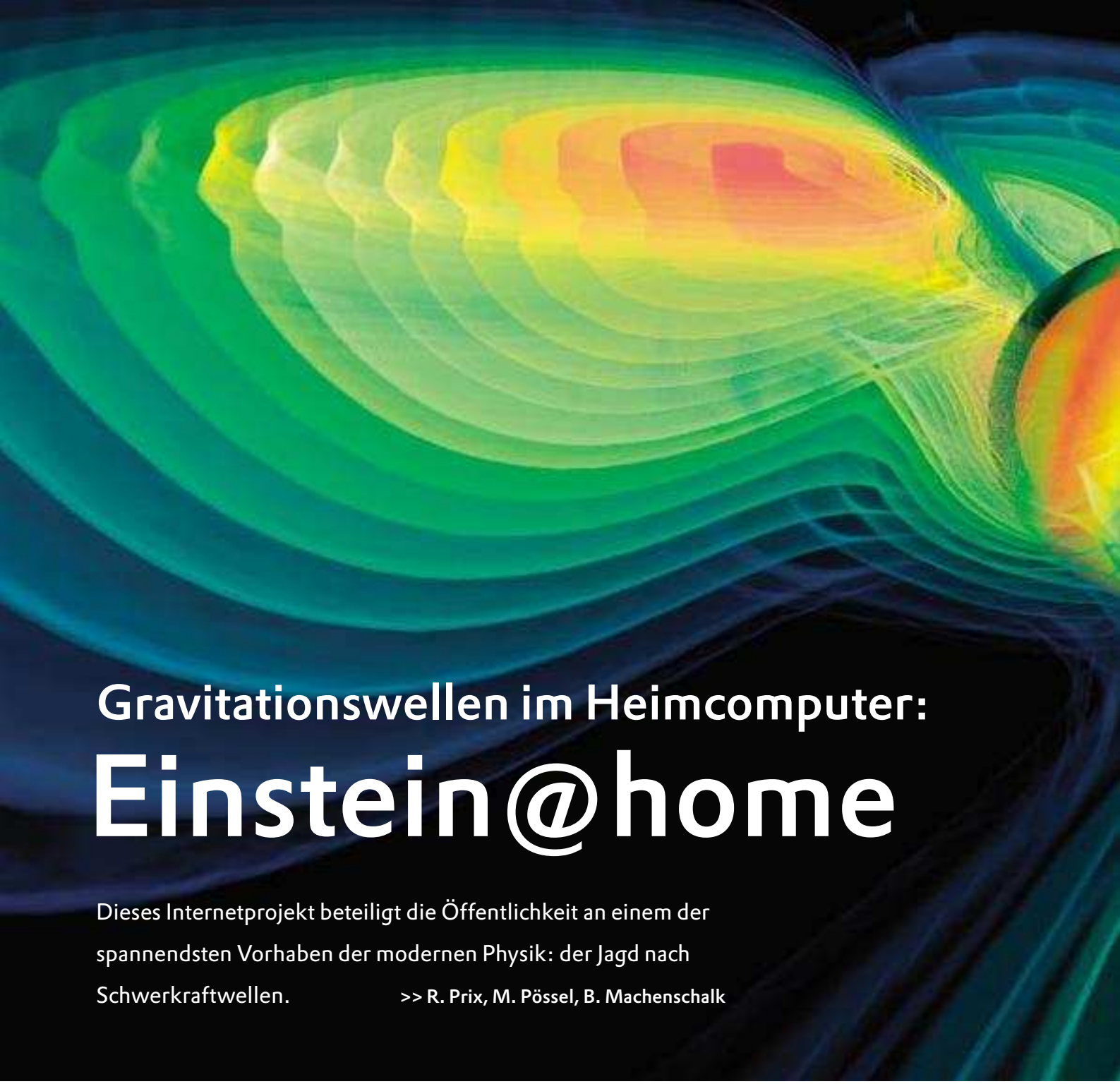
6nm H-alpha Filter

Nach dem weltweiten Bestseller, hat nun auch die H-alpha Familie Nachwuchs bekommen: Das 6 nm H-alpha Filter für die CCD Fotografie! Durch die geringe HWB erreichen Sie auch bei extremer Lichtverschmutzung gute Ergebnisse oder können bei dunklen Himmel die Helligkeit der Sterne im Objektumfeld deutlich senken und die Nebel hervorheben. Wir messen die Transmission jedes einzelnen Filters und können Ihnen Exemplare mit bis zu 95% Transmission anbieten.

ab 149.- €

Falls Sie unseren Katalog zugesandt bekommen möchten, senden Sie bitte €1.53 in Briefmarken an:

astro-shop
Eiffestr. 426 • 20537 Hamburg
Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94
astro@astro-shop.com
www.astro-shop.com



Gravitationswellen im Heimcomputer:

Einstein@home

Dieses Internetprojekt beteiligt die Öffentlichkeit an einem der spannendsten Vorhaben der modernen Physik: der Jagd nach Schwerkraftwellen.

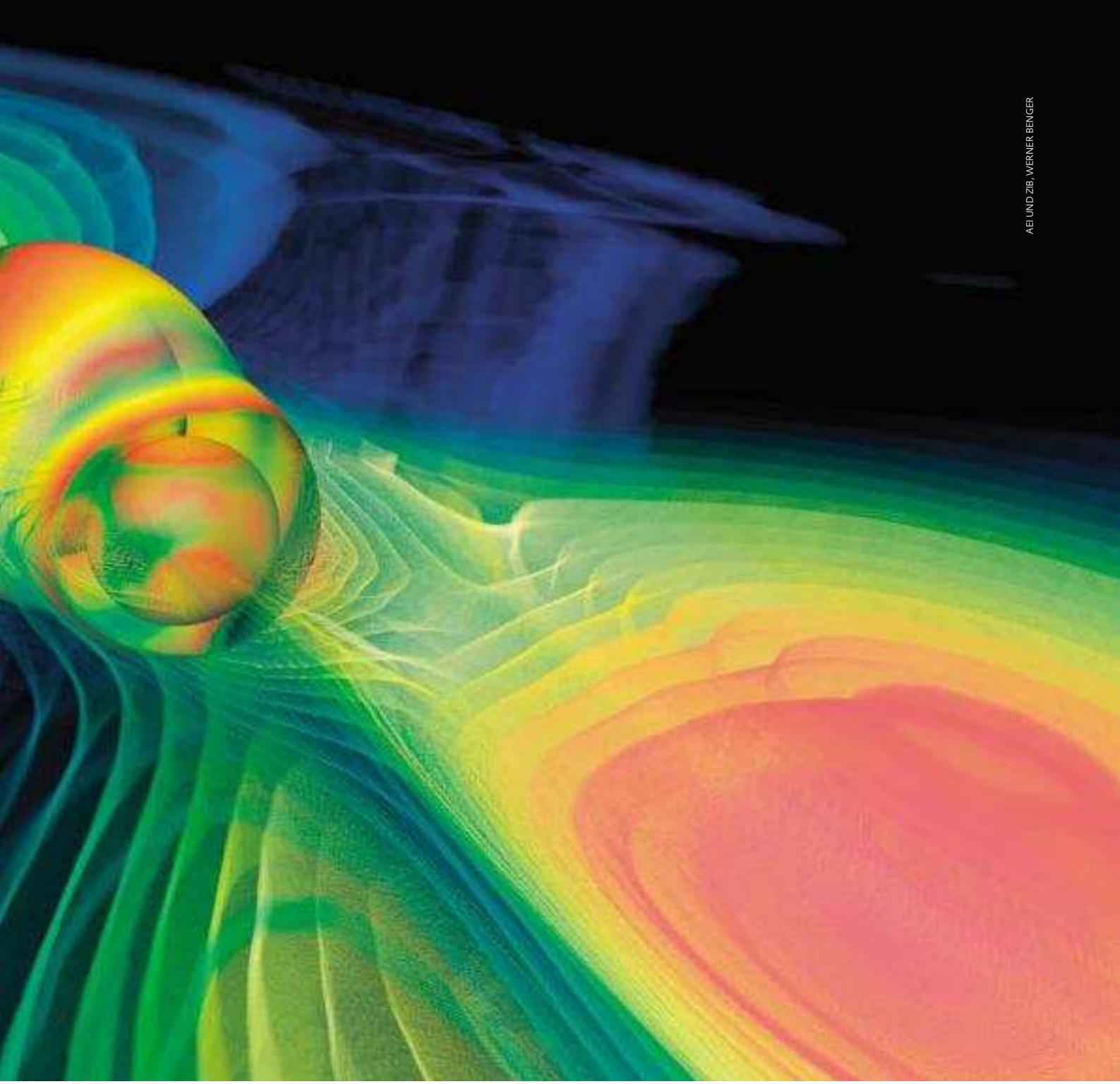
>> R. Prix, M. Pössel, B. Machenschalk

So erfolgreich sich Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie in der Astrophysik bewährt hat – eine ihrer wichtigen Vorhersagen konnte bis heute nur indirekt überprüft werden: die Existenz von Gravitationswellen. Umso aufregender, dass der direkte Nachweis derzeit in greifbare Nähe rückt und dass sich die Entdeckung möglicherweise sogar im Heimcomputer eines Privathaushalts abspielen wird. Vielleicht sogar in dem eines ASTRONOMIE-HEUTE-Lesers!

Worum geht es dabei? Bereits 1916, ein Jahr nach Vollendung seiner Allgemeinen Relativitätstheorie, beschrieb Einstein diese neue Form von Wellen, die es seiner Theorie nach geben müsse und die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten.

Schwingungen der Raumzeit

Ähnlich wie Schallwellen periodische Druckänderungen in einem materiellen Medium sind, oder Licht und andere elektromagnetische Wellen Oszillationen des elektromagnetischen Felds, sind Gravitationswellen kleine Schwankungen des Schwerkraftfelds (Kasten S. 16). Allerdings ist Gravitation bei Einstein keine herkömmliche Kraft, sondern eng mit der Geometrie der Raumzeit verknüpft. Auch Gravitationswellen äußern sich geometrisch, nämlich als Abstandsänderungen zwischen Raumpunkten. Diese Änderungen sind jedoch unvorstellbar winzig und der Nachweis der Gravitationswellen wurde daher lange Zeit für unmöglich gehalten. Das war angesichts der bisher verfügbaren Technik auch durchaus realistisch. Heute sind die Erfolgsaussichten ungleich besser: Mit Detektoren, die dank hochpräziser



AEI UND ZIB, WERNER BENGER

Zwei Schwarze Löcher in der Todesspirale zeigt diese Computersimulation. Die Farbabstufungen machen deutlich, in welche Richtungen die Gravitationswellen abgestrahlt werden.

Überlagerung von Laserstrahlen winzigste Abstandsänderungen zu messen im Stande sind, hoffen Forscher, Gravitationswellen in den nächsten Jahren direkt nachweisen zu können.

Der Wellenjagd sind mehrere internationale Großprojekte gewidmet, wie die deutsch-britische Anlage Geo-600 in der Nähe von Hannover (Foto S. 17) und die zwei Ligo-Detektoren in den USA. Sie sind seit rund drei Jahren in Betrieb und nehmen fleißig Messdaten auf. Zwei andere solche Interferometer befinden sich in Italien (Projekt Virgo) und Japan (Tama) und weitere Anlagen sind in Planung oder werden gerade gebaut.

Die benötigte Empfindlichkeit der Detektoren ist enorm. Denn selbst die Wellen der effektivsten Quellen im Universum, etwa von schnell umeinander kreisenden, kleinen, aber massereichen Objekten wie Neutronensternen und Schwarzen Löchern, sind extrem schwach, wenn sie die Erde erreichen.

Die stärksten zu erwartenden Wellen würden die vier Kilometer Abstand zwischen den Spiegeln der Ligo-Interferometer nur um einen milliardstel Milliardstelmeter verändern, also um das Tausendstel eines Atomkerndurchmessers. Das alleine macht das Vorhaben schon fast unmöglich. Doch es kommt noch schlimmer: Denn selbst für die besten heutigen Detektoren ist ein Gravita- >

AEI, MARKUS PÖSSEL

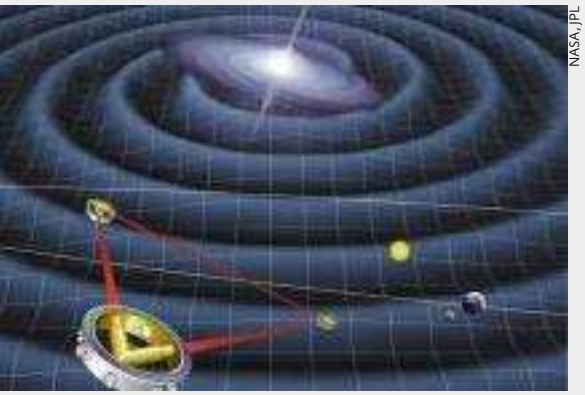
Der Merlin-Cluster aus 180 PCs wird von der Rechenleistung Einstein@homes übertroffen. Machenschalk und Prix zeigen dessen Bildschirmschoner.

> tionswellensignal nur eine Nadel im Heuhaufen gegenüber den verschiedenen Störeinflüssen, denen das Experiment ständig ausgesetzt ist. Und derer gibt es viele – angefangen von Erschütterungen durch die an die Hunderte von Kilometern entfernte Küste schlagenden Nordseewellen bis zu den Gravitationsfeldern vorbeifahrender Lastwagen. Entscheidend für den Nachweis sind daher computergestützte Auswertungen, bei denen die Messdaten nach charakteristischen Spuren von Gravitationswellen durchforstet werden. Diese Suche ist freilich äußerst rechenaufwändig.

Ein Paradebeispiel dafür sind die Gravitationswellen, die von rotierenden Neutronensternen abgestrahlt werden, wenn diese nicht vollkommen rotationssymmetrisch sind und etwa leichte Beulen aufweisen. Einige dieser Neutronensterne sind den Astronomen schon lange als Pulsare bekannt. Ihre Gravitationswellen sind äußerst regelmäßig, es sind Sinuswellen mit der doppelten Frequenz der Sternrotation. Trotz der einfachen Form dieses Signals ist jedoch gerade bei

Wellen aus Schwerkraft?

Von Radio- bis Gammastrahlungswellen, das ganze elektromagnetische Spektrum wird erzeugt, wenn Ladungen – meist sind es Elektronen – beschleunigt werden. Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie besagt, dass es einen vergleichbaren Effekt gibt, wenn Massen in bestimmter Weise beschleunigt werden, beispielsweise wenn Körper umeinander kreisen oder ein Stern asymmetrisch in sich zusammenfällt. Dann werden »Geometriestörungen« abgestrahlt: Gravitationswellen. Sie bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit fort und verraten sich durch systematische Abstandsänderungen der Teilchen, über die sie hinwegfegen.



NASA, JPL

Auf Haaresbreite genau müssen die drei Satelliten des Lisa-Experiments ihre Abstände einhalten (Schemazeichnung, nicht maßstabsgetreu).

Am ehesten sieht man ihren Einfluss, wenn auf diese Teilchen keine weiteren Kräfte wirken. Dann bewirkt der Durchgang der Welle, dass sich alle Teilchenabstände in einer Richtung verkleinern und sich gleichzeitig senkrecht dazu vergrößern. Wenig später kehrt sich das Spiel um, die gestauchten Abstände werden nun gestreckt und umgekehrt. Stauch- und Streckphasen folgen aufeinander so regelmäßig wie die Berge und Täler einer einfachen Wasserwelle.

Statt Teilchen verwenden die Forscher Spiegel, deren gegenseitige Abstandsänderungen durch Gravitationswellen kosmischer Ereignisse mit Laserstrahlen geprüft werden. Dieses Laserlicht läuft durch die beiden Arme einer Anlage, die von oben die Form eines gleichseitigen Ls hat (Foto oben rechts), wird an den Spiegeln reflektiert und läuft wieder zurück. Am Scheitelpunkt werden die Strahlen überlagert, also zur Interferenz gebracht. Bleiben die Längen der beiden Arme gleich, ergibt sich immer das exakt gleiche Interferenzmuster am Scheitelpunkt. Läuft jedoch eine Gravitationswelle durch und staucht den einen Arm und streckt den anderen, verändert sich das Signal.

So sollen die heutigen Detektoren beispielsweise sich umkreisenden Neutronen-

AEI / U. HANNOVER, MATHIAS SCHREMPEL

diesen Objekten der Suchaufwand enorm. Da es sich dabei um besonders schwache Signale handelt, sind lange Beobachtungszeiten nötig um sicher sein zu können, ob die Detektordaten ein solches Signal enthalten – umso länger, je weiter die Quelle von uns weg ist. Für einen erfolgreichen Nachweis mit den heutigen Detektoren muss mindestens einige Monate beobachtet werden. Das führt zur nächsten Schwierigkeit, denn während dieses Zeitraums rotiert die Erde – damit auch der Detektor – und läuft um die Sonne. Diese Bewegung der Messanlage verursacht einen Doppler-Effekt wie beim Martinshorn eines vorbeifahrenden Polizeiautos, wodurch sich die Frequenz des Wellensignals rot- oder blauverschiebt. Für die Suche nach bislang unbekannten Neutronensternen bedeutet das: Es reicht nicht, in den Daten nach sinusförmigen Gravitationswellensignalen verschiedener konstanter Frequenzen zu suchen. Für jede Position der Quelle am Himmel ist das Muster auf Grund von Erdbewegung und Doppler-Effekt ein wenig anders.

Gravitationsstecknadel im Störsignalheuhaufen

Dazu kommt auch noch, dass die Rotation der Neutronensterne mit der Zeit langsamer wird – wobei wir nie im Voraus wissen, wie schnell die Abbremsung ist –, daher ergibt sich insgesamt eine Vielzahl von möglichen Mustern, die selbst die leistungsfähigsten Computer nicht bewältigen können. Ob wir Gravitationswellen unbekannter Neutronensterne aufspüren, steht und fällt also hauptsächlich mit einem einizigen Faktor: der verfügbaren Rechenleistung.

Allerdings hat die Suche nach Myriaden Mustern auch eine positive Eigenschaft: Sie lässt sich problemlos auf verschiedene Computer verteilen, von denen jeder nur einen kleinen Teil der Musterliste abarbeitet. Das genau ist die Idee hinter Einstein@home: verteiltes Rechnen. Weltweit stehen in Firmen und Privathaushalten Millionen Computer, deren Rechenkapazität oft bei Weitem nicht ausgelastet ist. Wer die »Freizeit« dieser Computer nutzt, gewinnt ein enormes Rechenpotenzial, das alle Supercomputer des Planeten in den Schatten stellt. Diese geniale Idee stammt von den Mitarbeitern des Seti-Projekts, der Suche nach Radiosignalen außerirdischer Intelligenzen. Sie haben mit Seti@home das Prinzip, Aufgaben auf viele Privatrechner zu verteilen, erstmals praktisch umgesetzt (AH September 2004, S. 73). Einstein@home nutzt die von den Seti-Kollegen entwickelte Software, die frei verfügbare Bibliothek Boinc, verbindet sie mit den Suchalgorithmen für die Signale rotierender Neutronensterne und lässt so freiwillige Teilnehmer an der Durchkämmung des Datenwirrwarrs mithelfen (AH Mai 2005, S. 59). Wenn der Computer eines Teilnehmers gerade nicht genutzt wird, läuft das Suchpro- >

L wie Laserinterferometer

Das deutsch-britische Geo-600-Experiment ist in Ruthe, nahe Hannover, angesiedelt. Sein Name leitet sich von den 600 Meter langen Lichtlaufstrecken ab.

sternpaaren, Supernova-Explosionen und verschmelzenden Schwarzen Löchern auf die Spur kommen.

Das gemeinsame europäisch-amerikanische Projekt Lisa will allen irdischen Störeinflüssen entfliehen: bis 2013 soll der Gravitationswellendetektor einsatzbereit sein – im Weltraum. Lisa besteht aus drei Satelliten, die in Dreiecksformation hinter der Erde her fliegen (Illustration links). Jede Seite des Dreiecks ist fünf Millionen Kilometer lang – das ist der dreizehnfache Abstand von der Erde zum Mond. Damit können die Wellen von verschmelzenden supermassereichen Schwarzen Löchern mit einigen Millionen oder gar Milliarden Sonnenmassen in fernen Galaxien nachgewiesen werden, aber beispielsweise auch Signale aus der Frühzeit unseres Universums, Sekundenbruchteile nach dem Urknall.

BEIDE FOTOS: AEI / MILDEMARKETING / EXOZET

Spieglein, Spieglein an der Wand Zwei Wissenschaftler sind, während sie den Detektor montieren, in einem der Umlenkspiegel zu sehen (links). Das Herzstück der Anlage ist der Strahlteiler, ein halbdurchlässiger Spiegel (rechts). Die Laserstrahlen sind nachträglich eingezeichnet.

> gramm als Bildschirmschoner (Foto S. 16) und analysiert dabei Daten von den Ligo- und Geo-Detektoren. Die Ergebnisse werden an einen der Forschungs-Server zurückgesendet und neue Arbeit wird automatisch heruntergeladen. Ein Punktesystem schafft zusätzliche Anreize: Einzelne Benutzer und Gruppen können anhand einer Rangliste sehen, wie viel sie persönlich zur Suche nach den Gravitationswellen beigetragen haben.

Entwickelt wurde die Einstein@home-Software an der Universität Wisconsin-Milwaukee (UWM) in den USA und am Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut, AEI) in Potsdam. Das Projekt ist Teil einer Initiative der American Physical Society zum Weltjahr der Physik 2005.

Suche mit 50 Teraflops

Die Resonanz ist bereits jetzt enorm: Seit dem Startschuss am 19. Februar dieses Jahres haben sich über 80 000 Benutzer mit mehr als 100 000 Computern angemeldet und täglich kommen einige hundert Nutzer dazu. Damit ist die Rechenleistung von Einstein@home mit rund fünfzig Billionen Rechenoperationen pro Sekunde (50 Teraflops) heute schon mit den jeweiligen Leistungen der zehn weltbesten Supercomputer vergleichbar. Die Forschergruppe arbeitet jetzt daran, die Suchstrategien für diese gigantische Rechenleistungen weiter zu optimieren, um so die Wahrscheinlichkeit für einen Treffer zu erhöhen. So wird Einstein@home schon bald zum empfindlichsten und leistungsfähigsten Instrument zur Suche nach Gravitationswellen von Neutronensternen werden – und könnte dabei den ersten direkten Nachweis von Gravitationswellen überhaupt liefern! Dies wäre gleichzeitig die erste wirkliche Entdeckung mit Hilfe des verteilten Rechnens und Projektleiter Bruce Allen, Physikprofessor an der UWM, wäre nicht überrascht, wenn sie mit einem Nobelpreis ausgezeichnet würde.

Ziel ist letztendlich aber nicht nur dieser Nachweis und damit eine weitere Bestätigung der Allgemeinen Relativitätstheorie. Vielmehr hoffen die Physiker, durch die Messung von Gravitationswellen wichtige Lücken im Wissen über Neutronensterne, ihren inneren Aufbau und die Eigenschaften der Materie schließen zu können. Dies ist nur ein Beispiel für einen ganz neuen Zweig der Astrophysik – die Gravitationswellenastronomie als neues Fenster zum Universum. <<

Ein heißer Kandidat: J0806

Doppel- und Mehrfachsternsysteme enthalten zusammen die Mehrheit aller Sonnen in der Milchstraße. Meist sind die Sterne jedoch noch ausgedehnt und die Umlaufzeiten lang.

Nicht so das 1994 vom deutschen Röntgensatelliten Rosat entdeckte Doppelsternsystem RX J0806.3+1527, das aus zwei Weißen Zwergen besteht. Der Abstand der beiden nicht viel mehr als erdgroßen, aber sonnenschweren Himmelskörper beträgt nur etwa 80 000 Kilometer – ein Fünftel Entfernung von der Erde zum Mond.

Sie rasen mit Bahngeschwindigkeiten von über einer Million Kilometern pro Stunde einmal in fünfeinhalb Minuten umeinander, damit hat J0806 vermutlich den engsten Orbit aller bekannten Doppelsysteme, wie Beobachtungen Ende der 1990er Jahre mit großen europäischen Teleskopen in Chile und auf der Kanareninsel La Palma ergeben haben.

Neue Daten, die der US-Röntgensatellit Chandra gesammelt hat, lassen erwarten, dass das Zwergpaar derzeit stärkere Gravitationswellen produziert als jedes andere Objekt in der Galaxis (schematische Illustration). Denn die Bewegungsenergie von J0806 nimmt messbar ab: Pro Jahr verringert sich die Dauer eines Umlaufs um etwa eine tausendstel Sekunde. Das ist genau der Betrag, den die Relativitätstheorie für die Energie der abgestrahlten Gravitationswellen vorhersagt.

Bislang haben die Forscher diese Gravitationswellen noch nicht direkt gemessen, die bestehenden Anlagen am Erdboden sind aber auf Empfang. Für die geplante Weltraummission Lisa (Kasten S. 16) dürfte J0806 eines der ersten Untersuchungsobjekte sein. >> dre

KIP S. THORNE, CALTECH / NASA, GSFC, T. CARNAHAN

Tödlicher Bolero Die beiden Zwergsterne umrunden sich in 321,5 Sekunden. Jeden Tag kommen sie sich fast einen Meter näher und werden immer schneller. Das schlägt mächtige Wellen im Raumzeitgefüge (Grafik).

Die Physiker **Reinhard Prix** und **Markus Pössel** sowie der Informatiker **Bernd Machenschalk** forschen und arbeiten am Albert-Einstein-Institut in Potsdam. Sie haben Einstein@home mitentwickelt und sind gespannt auf die erste Gravitationswelle.

Einstein@home Anmeldung und Download der Software: http://einstein.phys.uwm.edu Empfohlene Systemvoraussetzungen: Breitband-Internetanschluss. Betriebssystem: GNU/Linux, Mac OS X 10.3, Windows 98. Prozessorleistung: Pentium II (300 MHz) oder höher. RAM: 70 MB. Freier Plattenspeicher: 100 MB.

Weblink:
www.einstein-online.info

Falke im Anflug Wie ein Raubvogel wird Hayabusa auf den Asteroiden herabstoßen, ihre Beute schnappen und zur Erde zurückkehren.

A. IKESHITA, MINORBODY EXPLORATION FORUM / JAXA, ISAS

Einmal Asteroid und zurück

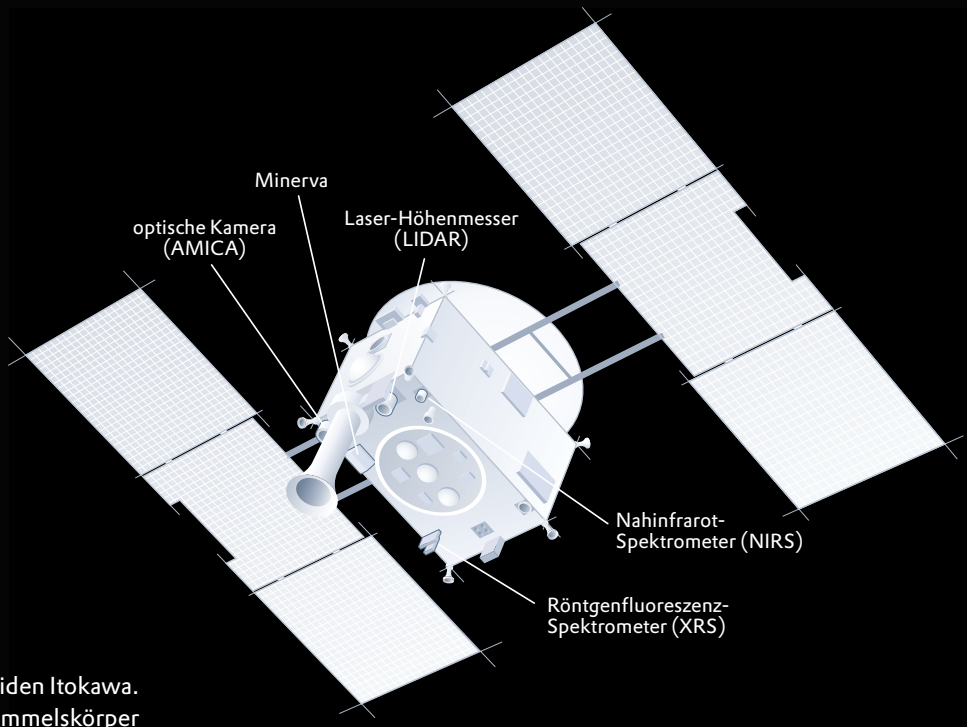
Noch während »Deep Impact« die Astrofans begeistert, gelangt Japans Sonde Hayabusa im September ganz still ans Ziel. Sie soll Bodenproben eines Asteroiden zur Erde bringen.

>> Beth Ellen Clark und Kelli B. Grant

Vorsichtig betritt eine kleine Gruppe japanischer und amerikanischer Wissenschaftler einen Ultrareinraum, in dem ein Kanister mit Bodenproben darauf wartet, geöffnet zu werden. Von Kopf bis Fuß in sterile weiße Schutzanzüge gehüllt, blicken die Forscher gespannt auf den glänzenden Metallbehälter, begierig darauf, seinen Inhalt zu untersuchen. Der Kanister enthält etwas für die Wissenschaftler unschätzbar Kostbares: einen Fingerhut voll Gesteinspartikel von einem Asteroiden, von 25143 Itokawa. Eine Fünf-Gramm-Kugel, mit dreihundert Meter pro Sekunde abgefeuert, hatte sie aus dem fremden Boden geschossen. Nun haben sie einen 150 Millionen Kilometer langen Flug zur Erde hinter sich. Niemand konnte im Voraus sagen, ob sie diese anstrengende Reise überstehen würden. Seit über einem Jahrzehnt hatten die Wissenschaftler auf diesen Moment gewartet.

So in etwa könnte es zugehen, wenn die Forscher im Sommer 2007 den vom japanischen Raumschiff Hayabusa mitgebrachten Behälter öffnen. Wenn alles gut geht, finden sie darin Stücke des Asteroiden 25143 Itokawa, der auf einer erdnahen Bahn um die Sonne kreist.

BEIDE GRAFIKEN: S & T, GREGG DINDERMAN



Genauer Blick
Im September 2005 erreicht Hayabusa den Asteroiden Itokawa. Drei Monate lang soll die Sonde über dem Himmelskörper schweben, während die Wissenschaftler seine physikalische Beschaffenheit erkunden.

Ankunft und Musterung
Mit Hilfe der Instrumente an Bord werden sie Itokawas Größe, Form, Rotationsachse und -dauer, Topografie sowie Zusammensetzung und Beschaffenheit der Oberfläche bestimmen. Auch die Masse des Asteroiden lässt sich ermitteln. Daraus und aus angenommenem Volumen und Zusammensetzung können die Forscher schließlich Rückschlüsse ziehen, wie dicht und wie porös Itokawa ist. Auch ein akkurates Topografiemodell des Asteroiden wollen sie erstellen.

Oberflächenerkundung
Einer der innovativsten Bestandteile der Mission ist der Lander Minerva. Da die Schwerkraft auf Itokawas Oberfläche sehr gering ist, wäre ein Erkundungsfahrzeug mit Rädern völlig ungeeignet. Stattdessen entsendet Hayabusa einen kanisterförmigen, mit Sonnenenergie betriebenen Roboter, der über den Asteroiden »hüpft«. Dabei beobachtet er dessen Oberfläche mit drei Kameras. Minerva soll Itokawa autonom erforschen, ohne Kommandos von der Erde. Auch seine Bilder und Temperaturdaten sendet der Roboter selbstständig an Hayabusa.

Asteroiden sind Überreste der Entstehungsphase unseres Sonnensystems. Ihre Zusammensetzung ähnelt daher den Zutaten, aus denen die Erde und die anderen inneren Planeten entstanden sind. Hayabusa ist also eine Art astronomischer Archäologe, der uns Bruchstücke aus der Frühzeit des Sonnensystems ins heimische Labor bringen soll.

Die ursprünglich Muses-C genannte Mission startete am 9. Mai 2003 vom Raumfahrtzentrum Kagoshima auf der Insel Kyushu. Traditionsgemäß erst nach dem Start erhielt die Sonde dann den Namen Hayabusa – japanisch für Wanderfalke –, weil sie einem Falken gleich herabstößt und sich ihre Beute schnappt.

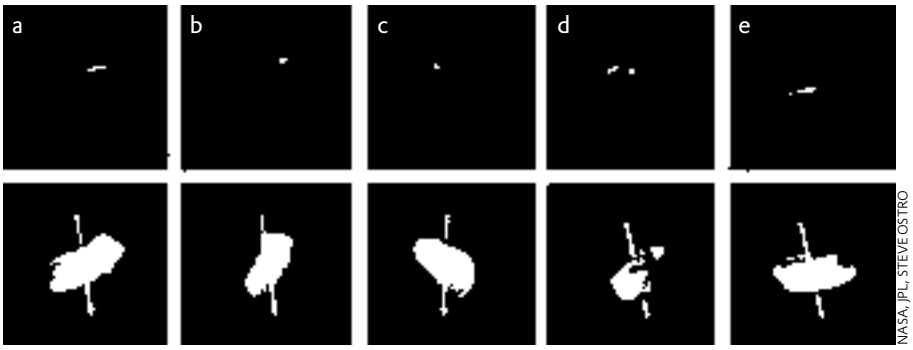
Voraussichtlich in diesem September wird sie beim Asteroiden Itokawa eintreffen. Für die japanische Raumfahrtbehörde Jaxa (Japan Aerospace Exploration Agency) steht dann einiges auf dem Spiel. Denn deren letzte interplanetarische Mission, die Marssonde Nozomi, endete als Fehlschlag: Hilflos raste das Raumschiff Ende 2003 am Roten Planeten vorbei, weil sein Antrieb versagte.

25143 Itokawa nähert sich der Erdbahn bis auf 1,8 Millionen Kilometer. Doch er war nicht immer ein erdnaher Asteroid. Die Forscher glauben, dass ihn die Schwerkrafteinwirkung von Jupiter und Mars vor Millionen von Jahren aus dem Asteroidengürtel heraus in seine jetzige exzentrische Umlaufbahn geschleudert hat.

Ein vertrautes Ziel

Weil Itokawa der Erde so nahe kommt, konnten die Astronomen den Himmelskörper mit bodengebundenen Teleskopen bereits in vielen Wellenlängen unter die Lupe nehmen. Der Asteroid ist kartoffelförmig und rund 490 mal 180 Meter groß. Vermutlich handelt es sich um einen gewöhnlichen Chondriten. Zu dieser Art gehören 85 Prozent aller Meteoriten, die auf die Erde fallen. Die Forscher haben Itokawa als S-Typ klassifiziert. Sein Inneres ist demnach noch ursprünglich und wurde niemals stark genug erhitzt, um zu schmelzen.

Aber Itokawa zeigt auch einige Seltsamkeiten. So reflektiert seine Oberfläche etwas mehr Licht als bei typischen Asteroiden des S-Typs sonst üblich. Die mittlere Albedo eines S-Asteroiden, das Rückstrahlvermögen, beträgt zwanzig Prozent – diejenige von Itokawa dagegen liegt zwischen 23 und 41 Prozent. Und obwohl Sonnenstrahlung und das Bombardement durch Mikrometeoriten seine äußeren Schichten über Millionen Jahre hin verändert haben dürften, deuten starke Farbkontraste auf der Oberfläche darauf hin, dass Teile von Itokawa frischer sind als bei anderen S-Typ-Asteroiden. Außerdem zeigen Infrarotmessungen, dass Itokawa nur sehr dünn mit Regolith (einer Art Staubschicht) bedeckt ist: Modellrechnungen deuten auf eine Dicke von nur einem Meter hin. Mögli- >



NASA, JPL, STEVE OSTRO

Asteroidenpuzzle Mit dem Radioteleskop des Arecibo Observatory in Puerto Rico (a, b, c) und der Goldstone-Antenne in Kalifornien (d, e) haben Astronomen Aufnahmen von 25143 Itokawa gemacht. Aus den Rohbildern (obere Reihe) haben sie ein dreidimensionales Modell des Asteroiden entwickelt (unten). Der Pfeil zeigt die vermutete Rotationsachse an.

> cherweise zeigt sich an einigen Stellen sogar nacktes Felsgestein an der Oberfläche. Vielleicht wurde Itokawa in geologisch jüngster Vergangenheit von mehreren kleineren Körpern getroffen, wobei Flecken unveränderten Materials zum Vorschein kamen.

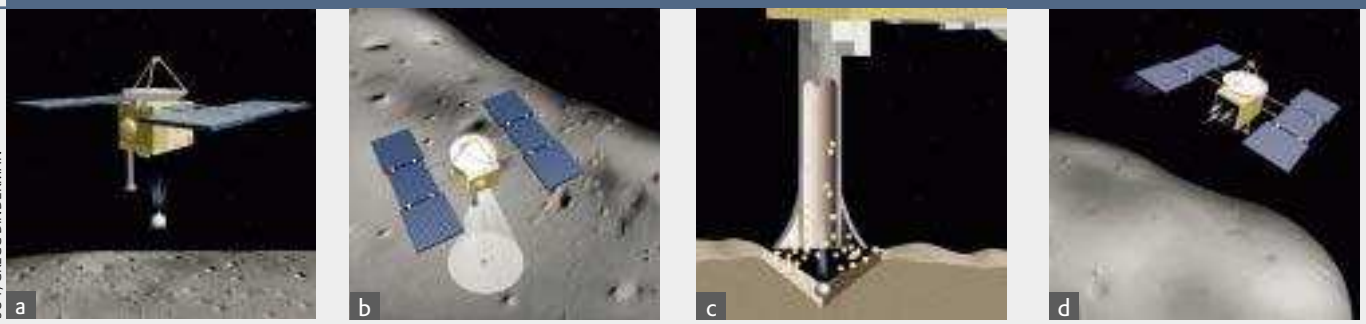
Ein langer Weg für eine kleine Sonde

Hayabusa ist nicht nur wegen ihrer wissenschaftlichen Ziele einzigartig. Die fünfhundert Kilogramm schwere Sonde zeichnet sich durch eine ganze Reihe von Techniken aus, mit denen die Jaxa Neuland betritt. Statt eines konventionellen Antriebs besitzt Hayabusa einen Xenon-Ionenantrieb. Außerdem ist die Sonde mit einem autonomen Navigationssystem ausgestattet. Da bislang niemand die exakten Dimensionen von Itokawa kennt, muss Hayabusa ihren Abstand von dem Kleinplaneten mit der Navigationskamera Amica (Asteroid Multiband Camera) und dem Laser-Höhenmesser Lidar ständig neu bestimmen – und zwar in Echtzeit, ohne Verzögerungen durch die Kommunikation mit der Erde. Lidar liefert den Forschern darüber hinaus Informationen über Form und Volumen des Asteroiden. Auch Amica misst Größe, Form, Volumen und Rotation des Asteroiden; die Kamera soll zudem schwache Unterschiede in der Oberflächenfärbung registrieren und nach kleinen Trabanten Ausschau halten, die Itokawa umkreisen könnten.

Das im nahen Infraroten arbeitende Spektrometer Nirs und das Röntgenfluoreszenz-Spektrometer XRS komplettieren Hayabusas Instrumentenpark. Beide sollen die chemische Beschaffenheit der Asteroidenoberfläche untersuchen.

Wer Itokawa wirklich verstehen will, muss jedoch ein Stück von dem Asteroiden zur Erde bringen. Und genau das ist Hayabusas wichtigstes Ziel. Wenn die Raumsonde in zehn Kilometer Höhe über dem Himmelskörper schwebt, werden die Wissenschaftler Ausschau nach dem besten Ort zum Einsammeln von

Kontakt!



S & T, GREGG DINDERMAN

Drei Monate lang werfen die Forscher prüfende Blicke auf die Oberfläche von Itokawa. Dann ist es Zeit für den nächsten Schritt: ein Stück des Asteroiden zur Erde zu holen.

Zunächst wählen die Missionswissenschaftler drei geeignete Plätze zum Sammeln der Bodenproben aus. Dabei berücksichtigen sie die Tiefe der Regolithschicht, des gemahlenen Gesteins auf der Oberfläche, und die Form des Asteroiden. Erst nachdem die Auswahl getroffen ist, landet Hayabusa kurz auf Itokawas Oberfläche.

Kurz vor dem Aufsetzen wirft die Sonde eine melonengroße Zielmarkierung ab (a), die aus stark reflektierendem Material besteht. Mit einer Art Blitzlicht beleuchtet sie diese Markierung und verwandelt so die Oberfläche praktisch in eine Landebahn (b). Die erste der drei Zielmarkierungen trägt die Namen von 880 000 Personen mit sich, die auf einen Aufruf der Japanischen Planetarischen Gesellschaft geantwortet haben. Solche »Grüße« begleiten viele Weltraummissionen.

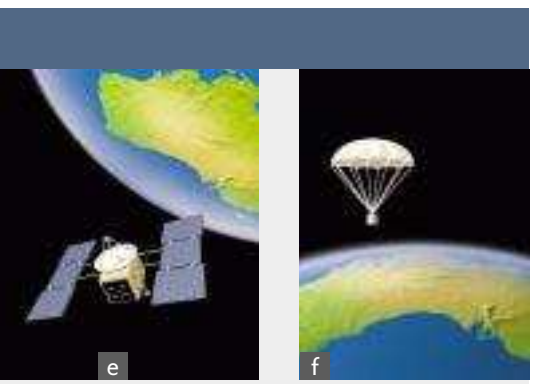
Stücke von Itokawas Oberfläche einzusammeln, ist keine einfache Aufgabe. Eine der zahlreichen Schwierigkeiten stellt dabei die geringe Gravitation auf dem Asteroiden dar. Sie beträgt nur 1/750 000 der irdischen Schwerkraft. Das macht sich Hayabusa jedoch zu Nutze, indem sie ein Projektil in die Oberfläche feuert (c): Dadurch, so hoffen die Forscher, werden viele Bruchstücke der Asteroidenoberfläche nach oben geschleudert, wo sie in den Sammeltrichter des Probenkanisters hineinfliegen. Der Kanister wird dann luft- und wasserdicht verschlossen und für die Rückkehr zur Erde vorbereitet (d).

Hayabusa verweilt jeweils nur so lange auf Itokawas Oberfläche, wie sie zum Abfeuern eines Projektils braucht. Sofort danach zündet der Motor und bringt die Sonde in eine Position rund hundert Meter über der Oberfläche. Diesen Vorgang wiederholt sie mindestens einmal. Insgesamt soll Hayabusa so zwei oder drei voneinander unabhängige Proben sammeln. Die Wissenschaftler erwarten, dass die Sonde insgesamt gerade einmal ein paar Gramm Gestein zur Erde bringt.

Bodenproben halten. Mit etwas Glück wird die Sonde mit etwa einem Kubikzentimeter Asteroidenmaterie zurückkehren, kaum einem Teelöffel voll. Doch das sollte reichen, um unser Wissen über die Oberfläche der Asteroiden, über die Beziehung zwischen Meteoriten und Kleinplaneten und unser Verständnis von der Entstehung des Asteroidengürtels zu revolutionieren.

»Meteoriten sind vermutlich Bruchstücke zusammengestoßener Asteroiden. Der Heilige Gral der Asteroidenforschung wäre es deshalb, die chemische Zusammensetzung eines Asteroiden zu bestimmen und zu der eines bestimmten auf der Erde gefundenen Meteoritentyps in Beziehung zu setzen«, sagt Donald Yeomans vom Jet Propulsion Laboratory der Nasa, der im Hayabusa-Team mitarbeitet.

Und Hajime Yano, Planetenforscher am ISAS, dem japanischen Institut für Weltraumforschung, und ebenfalls Mitglied des Hayabusa-Teams, erklärt, dass die Forscher zwar schon Tausende von Meteoritenproben analysiert haben, bislang aber nur sehr wenige einem bestimmten Ursprungskörper im Asteroidengürtel zuordnen konnten. »Nur eine Sample-Return-Mission zu einem spektroskopisch untersuchten Kleinplaneten kann die Kluft überbrücken, die zwischen den erdgebundenen Beobachtungen von Asteroiden und der Laboranalyse von Meteoriten und kosmischem Staub klafft.«



Nach dem zweijährigen Rückflug zur Erde (e) stößt Hayabusa den Probenkanister ab. Dieser soll in der Nähe von Woomera in Südaustralien an einem Fallschirm zur Erde schweben (f). Nach der Bergung und dem Transport nach Japan wird er in einem neuen Speziallabor, das eigens für die Analyse der Itokawa-Proben gebaut wurde, unter kontrollierten Bedingungen geöffnet. Ein Jahr lang haben allein die japanischen Forscher Zugriff auf die Proben. Danach sollen die Bruchstücke von Itokawa Wissenschaftlern in aller Welt zugänglich gemacht werden. Zehn Prozent soll die Nasa erhalten, 45 Prozent der Proben werden für zukünftige Projekte archiviert.

JAXA, ISAS

Rückblick Am 19. Mai 2004 flog Hayabusa an der Erde vorbei, um für die Reise Schwung zu holen. Dabei schoss sie mit der Kamera Amica dieses Foto ihres Heimatplaneten.

»Wenn wir dieses Wissen nutzen, wird das den wissenschaftlichen Wert aller Meteoriten und der bodengebundenen Spektroskopie von Asteroiden gewaltig erhöhen«, prognostiziert auch Michael E. Zolensky, der dem für die Probenanalyse zuständigen Team des Johnson Space Centers der Nasa angehört. Allerdings, ergänzt Yano, bräuchten die Forscher Proben von allen Hauptgruppen der Asteroiden, um zu verstehen, was die Unterschiede zwischen den einzelnen Typen über die Entstehung des Sonnensystems aussagen.

Gefahr ist nicht gleich Gefahr

Die S-Typen sind jedoch eine Schlüsselgruppe. Sie bilden die Mehrheit der Asteroiden, die der Sonne am nächsten sind. Und bei ihnen ist die Gefahr am größten, dass sie mit der Erde kollidieren. Deshalb ist es für die Wissenschaftler wichtig, ihre innere Struktur zu verstehen. Nur so lässt sich ein Weg finden, ein Objekt abzulenken oder zu zerstören, das sich auf Kollisionskurs mit unserem Planeten befindet. »Wenn es um die Abwehr eines Himmelskörpers geht, der die Erde bedroht, dann ist es ein großer Unterschied, ob wir es mit einem locker gepackten ehemaligen Kometen zu tun haben oder mit einem kompakten Klumpen aus Eisen«, sagt Yeomans. Egal, wie viel wir also bereits über Itokawa wissen: Missionen wie Hayabusa sind wichtig, weil die Meteoriten auf der Erde uns nur unzureichende Informationen über den inneren Aufbau der Asteroiden geben.

Die Ergebnisse von Hayabusa sollen den Forschern auch dabei helfen, die Verwitterungsprozesse im Weltall besser zu verstehen. Nach heutigen Erkenntnissen deuten eine niedrige Albedo und ein gerötetes Spektrum auf eine ältere Asteroidenoberfläche hin. Aber erst die Untersuchung einer originären Bodenprobe ermöglicht den Wissenschaftlern, die Zusammensetzung des Gesteins mit den spektralen Effekten der Verwitterung im All detailliert in Beziehung zu setzen. Ein ambitioniertes Ziel, dessen Erreichen Japan als raumfahrender Nation einiges Renommee einbringen wird. <<

Beth Ellen Clark ist Professorin für Physik am Ithaca College. Von 1996 bis 2001 war sie an der »Near Earth Asteroid Rendezvous«-Mission beteiligt. Ihr gegenwärtiger Forschungsschwerpunkt ist der Zusammenhang zwischen Meteoriten und Asteroiden. **Kelli Beth Grant** ist freie Wissenschaftsjournalistin.

Mein Jules Verne

Er schrieb im weitschweifigen Stil des 19. Jahrhunderts und saß manchem Irrtum seiner Zeit auf – doch er war einer der bedeutendsten visionären Autoren. **>> Rudolf Kippenhahn**

Wenn ich mich recht entsinne, war ich so um die zehn Jahre alt, als mein Vater zum ersten Mal ein Buch des französischen Schriftstellers Jules Verne nach Hause brachte. Obwohl es etwas langatmig geschrieben war, packte mich der Inhalt sofort. Alle Welt – so die Geschichte – ist in heller Aufregung, denn ein riesiges Ungeheuer tummelt sich in den Ozeanen. Es rast mit unglaublicher Geschwindigkeit durch die Fluten und bringt gewaltige Schiffe zum Kentern. Ein Pariser Professor beteiligt sich an einer Expedition, die das Rätsel aufklären soll. Sie finden das anscheinend schlafende Tier, doch plötzlich wird ihr Schiff gerammt und der Professor ins Meer geschleudert. Als er wieder auftaucht, sind die Lichter des Schiffs in der stockdunklen Nacht nur noch in der Ferne zu sehen. Zwei weitere Reiseteilnehmer treiben hilflos im Wasser. Ihre Lage scheint aussichtslos, doch auf einmal spüren sie festen Grund unter den Füßen. Sie stehen auf einer metallenen Insel, die von einer Schiffsschraube angetrieben wird und langsam nach unten sinkt. In ihrer Not trommeln die drei mit Händen und Füßen auf den Boden.

Vor Kurzem habe ich – etwa 70 Jahre nach meiner damaligen Lektüre – die entsprechende Textpassage wiedergefunden: »Plötzlich vernahm man im Innern des Fahrzeugs ein Rasseln heftig geschüttelten Eisenwerks. Eine Platte öffnete sich, ein Mann kam zum Vorschein, stieß einen sonderbaren Schrei aus und verschwand sogleich wieder.« An dieser Stelle drückte mir damals meine Mutter den Ranzen in die Hand; ich musste zur Schule. Erst am Abend konnte ich den Roman mit dem Namen »20000 Meilen unter dem Meer« weiterlesen. Die metallene Insel war die Nautilus, ein riesiges U-Boot unter dem Kommando Kapitän Nemos. Der zweibändige Roman war 1873 erschienen, 29 Jahre vor Inbetriebnahme des ersten echten U-Boots. Verne beschreibt ausführlich die Technik dieses damals ungewöhnlichen Fahrzeugs, die elektrische Energiequelle, die Tiefen- und Geschwindigkeitsmesser. Glasfenster lassen die Reisenden Fauna und Flora der Tiefe bestaunen.

Jules Verne wurde 1828 im französischen Nantes geboren. Mit 20 Jahren schickte ihn sein Vater nach Paris, damit er Jura studiere. Dort kam er mit einigen Literaten zusammen, darunter dem älteren Alexandre Dumas, dem Verfasser der »Drei Musketiere«. Von ihnen angeregt, begann er selbst Gedichte und Theaterstücke zu schreiben, aber auch Artikel über wissenschaftliche und historische Themen. Eines Tages hatte er die Idee, technische Fakten mit Romanhandlungen nach der Art von Edgar Allan Poe oder Fenimore Cooper zu kombinieren. >

Mit dem Raumfahrzeug, das Vernes Romanhelden in »Reise zum Mond« benutzen, würden sich echte Astronauten schwerlich ins All trauen.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

So entstand 1863 der Roman »Fünf Wochen im Ballon«, eine abenteuerliche Ballonreise quer über Afrika hinweg. Damals wusste die Welt noch wenig vom Schwarzen Erdteil. Erst acht Jahre später sollte der Journalist Henry Stanley den jahrelang im Innern Afrikas verschollenen Forscher David Livingston aus der Gefangenschaft von Eingeborenen befreien. In »Fünf Wochen im Ballon« hatte Verne Forschungsergebnisse aufbereitet, die der Öffentlichkeit bis dahin kaum bekannt gewesen waren. Er selbst ahnte schon: »Ich habe so die Idee, dass ich damit sehr viel Geld verdienen werde.«

Der elsässische Verleger Pierre-Jules Hetzel in Paris, der auch Victor Hugo und Honoré de Balzac veröffentlichte, druckte den Roman. Er wurde ein derart überwältigender Erfolg, dass Hetzel Verne dazu drängte, im Rahmen einer Buchreihe namens »Voyages extraordinaires« (Außerordentliche Reisen) weitere Geschichten zu schreiben. Anfangs verpflichtete er den Autor zu zwei Büchern pro Jahr, dann zu drei, um schließlich, auf Vernes Wunsch, wieder auf zwei Bände jährlich zurückzugehen.

Jules Verne schrieb auf Vorrat. In seinem Schrank lagen immer mehrere fertige Manuskripte und zahlreiche Romanfragmente. So kam es, dass noch viele Jahre nach seinem Tod neue Bücher aus seiner Feder erschienen. Selbst heute tauchen bislang unbekannte Werke aus seinem Nachlass auf. Im Jahr 1998 erschien der Roman »Paris im 20. Jahrhundert«, den Verne bereits 1863 verfasste, der aber damals vom Verleger abgelehnt wurde.

Nützliches Quecksilber

Vernes Romane wurden in viele Sprachen übersetzt. Ab 1873 erschienen in Österreich und Deutschland auch Exemplare in deutscher Sprache. In »Die Reise zum Mittelpunkt der Erde« steigt eine Reisegruppe durch den Schlot eines erloschenen Vulkans ins Innere der Erde. Natürlich müssen sie dort aufregende Abenteuer bestehen. Es herrscht zum Glück keine völlige Finsternis, denn chemische Prozesse erzeugen Licht und sorgen so für Beleuchtung. Die Reisenden stoßen auf exotische, gefährliche Tiere, und an den Ufern unterirdischer Flüsse und Seen wachsen fremdartige Pflanzen.

Mir haben auch die »Abenteuer des Kapitän Hatteras« gefallen, in denen der Romanheld den Nordpol erobert. Erst 35 Jahre nach Erscheinen des Buchs gelangte der Amerikaner Robert Peary als erster Mensch tatsächlich dorthin. Als den Protagonisten der Erzählung die Munition ausgeht, nehmen sie Quecksilber aus ihren Barometern, das in der extremen Kälte gefriert und sich zu Geschossen schmieden lässt. Damit erlegen sie einen Eisbären.

In »Die geheimnisvolle Insel« landet während des Amerikanischen Bürgerkriegs eine Gruppe fliehender Südstaatler auf einem unbewohnten Eiland. Einer der Gestrandeten bestimmt mit einer improvisierten Sonnenuhr die geografische Breite. Während ihrer unfreiwilligen Robinsonade erfinden die Romanfiguren mehrere Errungenschaften der damaligen Technik neu, zum Beispiel den Sprengstoff Nitroglyzerin.

Die beiden Bände »Die Reise zum Mond« und »Reise um den Mond« erzählen das Schicksal einer Gruppe von Abenteurern, die sich von der Erde aus mit Hilfe einer riesigen Kanone zum Mond schießen lässt. Selbstverständlich überleben die Insassen die gewaltige Beschleunigung beim Start – andernfalls wäre die Geschichte ja auch rasch zu Ende gewesen. Doch dann tappt Verne in eine Falle: Solange das bewohnte Geschoss nahe bei der Erde fliegt, spüren die Insassen die Schwere der Erde. Später, in der Nähe des Monds, drückt sie dessen Anziehungskraft auf den Boden. Nur dort, wo sich die in entgegengesetzte Richtungen ziehenden Schwerkräfte von Erde und Mond für kurze Zeit aufheben, erleben sie die Schwerelosigkeit.

Hier saß Verne einem Irrtum auf. Ein frei fliegender Körper ist in seinem Innern immer schwerefrei, wie uns Astronauten und Piloten aus eigener Anschauung versichern können. Insassen der Internationalen Raumstation zum Beispiel kreisen im Bereich der Erdanziehung um die Erde, sind aber schwerelos. Jeder Körper, der nicht angetrieben wird, geht im Schwerefeld in den freien Fall über, und alle Körper fallen gleich schnell, ihre Abstände zueinander bleiben also unverändert. Ganz unbekannt war das auch Verne nicht, denn in der Romanhandlung schwebt ein verendeter Hund, den die Reisenden durch eine Luke nach draußen befördern, während der gesamten restlichen Reise vor dem Fenster des Raumfahrzeugs. Hund und Raumschiff fallen eben mit derselben Geschwindigkeit. Genauso würde ein im Innern des Geschosses schwebender Reiseteilnehmer in der Schwebe bleiben und nicht auf den Boden fallen.

Verne schildert dann, wie das Raumfahrzeug den Mond umrundet und schließlich auf die Erde zurückfällt. Damit seine Helden überleben, lässt Verne sie ins Meer plumpsen. Verblüffend: Sie begannen ihre Reise in Florida, nicht weit von Cap Canaveral, von wo aus später die Apollo-Astronauten wirklich zum Mond starteten. Und wie die Helden in Vernes Roman mussten auch die echten Mondbesucher nach ihrer Rückkehr aus dem Ozean gefischt werden.

In die Zukunft geschaut

Jules Verne wird heute vor allem wegen seiner Voraussagen künftiger Erfindungen geschätzt. U-Boote, bemannte Raumfahrt, Propellerflugzeuge, lenkbare Luftschiffe, Hubschrauber, Wolkenkratzer aus Stahl und Glas und Fernsehtelefone – all das kann man in seinen Erzählungen finden. Mich beeindrucken an seinen Büchern aber vor allem die Verknüpfungen wissenschaftlicher Sachverhalte mit menschlichen Schicksalen. Damit bringt er spröden Wissensstoff auch solchen Lesern nahe, die sich sonst nicht dafür interessieren würden.

In der Geschichte »Der Kurier des Zaren« wird der Held Michael Strogoff, der eine wichtige Nachricht durch ein von feindlichen Tartaren beherrschtes Gebiet bringen soll, von den Gegnern entdeckt. Sie blenden ihn und halten ihn danach für blind. Was sie aber nicht wissen und was auch der Leser erst am Schluss erfährt: Als ihm das Augenlicht genommen werden sollte, bildete die Tränenflüssigkeit eine schützende Dunstschicht zwischen den Augäpfeln und dem glühenden Stahl des Krummsäbels und bewahrte sie so vor der Zerstörung. Verne spielte hier auf das Leidenfrost-Phänomen an. Es verhindert die zu rasche Erhitzung von feuchten Objekten und lässt beispielsweise Wassertropfen auf einer >

Schießwütig In dem Roman »Kein Durcheinander« konstruieren Artilleristen eine Kolossalkanone, wie sie die Welt noch nicht gesehen hat. Sie wollen mit Hilfe des Rückstoßes die Erdachse verschieben.

EULENSPIEGEL VERLAGSGRUPPE

> glühenden Herdplatte tanzen, ehe sie völlig verdampfen.

Der Roman »Der Südstern«, der in Südafrika spielt, erzählt von einer rechtschaffenen Familie, die von ihren bösen Nachbarn um ihren Grundbesitz betrogen wird. Später stellt sich heraus, dass die südafrikanischen Landvermesser bei ihrer Arbeit die magnetische Abweichung der Kompassnadel nicht berücksichtigt hatten – eine historisch wahre Begebenheit. Bei der Neuvermessung bekommt die Familie ihr Land wieder. Die Handlung erscheint mir etwas kitschig, aber der wissenschaftliche Sachverhalt ist korrekt wiedergegeben.

Einmal um den Globus

Vernes wahrscheinlich größter Verkaufserfolg war die mehrfach verfilmte »Reise um die Erde in 80 Tagen«. Der Held, ein spleeniger Engländer, wettet, dass er mit den damaligen Verkehrsmitteln innerhalb von achtzig Tagen die Erde umrunden könne. Am Ende scheint er sich einen Tag verspätet und die Wette verloren zu haben. Ein Irrtum: Er fuhr von London aus nach Osten und überquerte die pazifische Datumsgrenze in östlicher Richtung. Damit hat er einen Tag gewonnen – und folglich auch die Wette. Das nicht einfach zu begreifende Phänomen der Datumsgrenze und ihres Verlaufs wird dem Leser hier in einer spannenden Romanhandlung näher gebracht.

In dem zweibändigen, recht unbekannten Roman »Das Land der Pelze« will ein französischer Astronom eine am 18. Juli 1860 in Kanada stattfindende totale Sonnenfinsternis beobachten. Dazu schließt er sich einer hauptsächlich aus Pelzhändlern bestehenden Reisegruppe an, die ihr Lager zufällig zum richtigen Zeitpunkt im Totalitätsstreifen der Finsternis aufschlagen will. Am betreffenden Tag lagert die Gesellschaft in einer einsamen Eiswüste. Wie vorausberechnet schiebt sich die Mondscheibe langsam vor die Sonne und verdeckt mehr und mehr von ihr. Doch dann, unerwartet, gibt der Mond die Sonnenscheibe langsam wieder frei, ohne sie zuvor vollständig bedeckt zu haben. Das Rätsel löst

EULENSPIEGEL VERLAGSGRUPPE

Und tschüss! Von einem Geschütz abgefeuert, fliegt die Raumkapsel in Richtung des Erdtrabanten. Illustration zu »Die Reise zum Mond«

sich, als die Reiseteilnehmer merken, dass sie ihr Lager auf einer riesigen Eisscholle aufgeschlagen hatten, die in der Nacht vom Festland abgebrochen ist. Mit allem, was sich auf ihr befindet, treibt sie aufs Meer hinaus in wärmere Gewässer, wo sie allmählich schmilzt.

Ungeliebte Alemannen

Spätestens seit dem Krieg 1870/71 hatte Jules Verne eine Abneigung gegen die Deutschen. In dem 1880 erschienenen Buch »Die 500 Millionen der Begum« erben ein Franzose und ein Deutscher das Vermögen einer indischen Fürstin. Der Franzose, ein Arzt, baut damit in Amerika die Stadt France-Ville, eine Musterstadt, in der die Menschen frei und gesund leben können. Der Deutsche jedoch, ein Professor Schulze aus Jena, errichtet eine Fabrik, in der er Kanonen herstellt. Mit diesen will er France-Ville vernichten.

Eine der schönsten, aber relativ unbekannten Geschichten ist die zweibändige, 1877 erschienene »Reise durch das Sonnensystem«. Ein Komet streift die Erde in Nordafrika und reißt nicht nur einen Teil des Landes, sondern auch einige Erdbewohner mit sich. Die unfreiwilligen Passagiere fliegen auf dem Himmelskörper durch das Sonnensystem und kommen an mehreren Planeten vorbei. »Reise durch das Sonnensystem« ist ein Paradebeispiel für den gelungenen Versuch, wissenschaftliche Erkenntnisse auf spannende Weise in eine Fantasiehandlung einzubauen.

Doch jede Geschichte braucht auch Personen, die die Handlung in Gang halten. Bei Verne ist immer ein etwas einfältiger Typus dabei, damit die Helden ihm wissenschaftliche Tatsachen erklären können, die der Autor dem Leser nahe bringen will. Die Rolle des Guten übernimmt meist ein Franzose. Doch der Spannung wegen muss auch ein Bösewicht her. Auf dem durch das Sonnensystem fliegenden Kometen ist es natürlich ein Deutscher, und damit er dem Leser so richtig unsympathisch wird, macht Verne aus ihm auch noch den jüdischen Bankier Isaak Hakhabut aus Köln. Verne war Antisemit – nichts Ungewöhnliches im damaligen Frankreich. Noch dreißig Jahre später wurde das Land von der Dreyfussaffäre erschüttert.

War Jules Verne vor hundert Jahren ein Bestsellerautor, so wird er heute nur noch selten gelesen, obwohl mehrere Verlage gute Neuauflagen herausgebracht haben. Ich konnte keins meiner Kinder für ihn begeistern. Er schreibt im Erzählstil des 19. Jahrhunderts – zu weitschweifig für die heutige Generation, die mit der Fernbedienung am TV-Gerät aufgewachsen ist. Trotzdem ist er nicht vergessen. Das europäische Raumfahrzeug ATV (Automatic Transfer Vehicle), das ab 2006 die Internationale Raumstation versorgen soll, wird seinen Namen tragen. Verfilmungen seiner Romane halten ihn lebendig.

In Russland ist er besonders beliebt. Als der russische Präsident Wladimir Putin im Frühjahr dieses Jahres Frankreich besuchte, verkündete er, dass es in seinem Heimatland kaum jemandem gäbe, der den vor hundert Jahren verstorbenen französischen Schriftsteller nicht kennt. Schon 1959, als eine sowjetische Raumsonde zum ersten Mal die Rückseite des Monds fotografierte, hatten die verantwortlichen Wissenschaftler einen der größten neu entdeckten Mondkrater »Jules Verne« getauft.

Mich bewegt immer die Frage, wie man komplizierte wissenschaftliche Sachverhalte einem breiten Publikum näher bringen kann. In dieser Hinsicht ist mir Jules Verne schon seit Langem ein Vorbild. Lassen Sie mich noch eine letzte Geschichte von ihm vorstellen.

Der »Chancellor« ist ein Dreimaster, der in Vernes gleichnamigem Buch auf dem Atlantik in Brand gerät. Nach dem Schiffbruch schwimmt eine Gruppe von Überlebenden hilflos auf einem Floß im Wasser. Bald gehen Vorräte und Trinkwasser zur Neige und Land ist nicht in Sicht. Unter den Verdurstenden brechen Machtkämpfe aus, die fast zum Kannibalismus ausarten. Doch da wird einer der Teilnehmer ins Meer geschleudert. Als er Wasser schluckt, schmeckt es süß. Das Floß treibt in Trinkwasser!

Im Visier der Kritiker

Jetzt wissen die Schiffbrüchigen, wo sie sind, denn im Atlantik gibt es nur eine Stelle, an der weitab der Küste das Wasser nicht salzig ist: dort nämlich, wo der Amazonas ins Meer mündet. Geografische Ortsbestimmung mit der Zunge!

Das ist der Jules Verne, den ich liebe und von dem mehr als hundert Bände in meiner Bibliothek stehen. Literaturkritiker halten seine Romane wahrscheinlich für Trivialliteratur. Schon zu Lebzeiten wurde ihm vorgeworfen, er schreibe künstlerisch anspruchslos im Dienste optimaler Absatzzahlen. Tatsächlich sind die Liebesszenen in seinen Romanen kaum besser als bei Karl May. Aber Sprache, gesprochen oder geschrieben, hat viel mehr mitzuteilen als nur Gefühle und Empfindungen. Mögen manche Literaturwissenschaftler ihn auch nicht besonders schätzen – meinem Jules Verne macht das nichts aus. <<

Rudolf Kippenhahn leitete von 1975 bis 1991 das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching und lebt heute als Schriftsteller in Göttingen.

Die Visionen des 19. Jahrhunderts

Welche Jules-Verne-Romane könnten für Sternfreunde interessant sein? Eine Auswahl

»Von der Erde zum Mond« und **»Reise um den Mond«**. Drei Abenteurer lassen sich im Innern eines Hohlgeschosses mit einer gewaltigen Kanone zum Mond schießen. Sie umrunden ihn und kehren zur Erde zurück.

»Reise durch das Sonnensystem«. Ein Komet streift die Erde und reißt einige Erdbewohner mit sich. Die unfreiwilligen Passagiere erleben auf der Oberfläche des Himmelskörpers einen Trip durchs Sonnensystem.

»Kein Durcheinander«. Mitglieder eines Artilleristenklubs bauen ein kolossales Geschütz, um mit dem Rückstoß, der beim Abfeuern entsteht, die Erdachse zu verschieben.

»Die Jagd auf den Meteor«. Ein riesiger Meteor aus purem Gold stürzt auf die Erde und droht das globale Finanzgefüge durcheinander zu bringen.

»Das Land der Pelze«. Ein französischer Astronom schließt sich einer Gruppe von Pelzhändlern an, um eine Sonnenfinsternis in Kanada zu beobachten.

>> Frank Schubert

BILL & SALLY FLETCHER; KLEINES FOTO: DIGITIZED SKY SURVEY

Blick zum Nordstern Auf lang belichteten Aufnahmen des Sternhimmels wird die Drehung der Fixsternsphäre besonders deutlich. Die helle Strichspur links des Zentrums ist Polaris.

Der Polarstern – Drehpunkt am Himmel

Direkt über dem Pol der nördlichen Hemisphäre sitzt ein heller Stern – ein Glücksfall für die Astronomen. **>> Govert Schilling**

Bittet man ein paar Leute, den Namen eines beliebigen Fixsterns zu nennen, so werden die meisten wohl spontan »Polarstern« sagen. An ihn haben Sie vielleicht auch gerade gedacht.

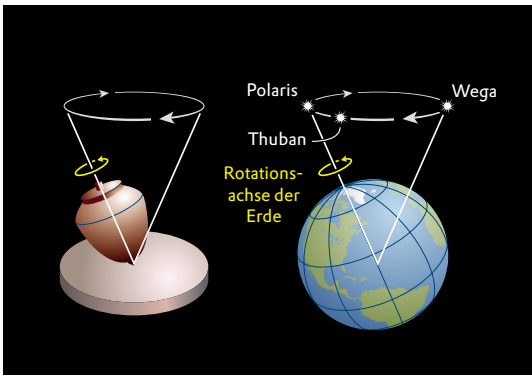
Doch obwohl er so bekannt ist, weiß kaum jemand Genaueres über ihn. Das Einzige, was die meisten Menschen über ihn zu wissen glauben, ist, dass er der hellste Stern am Nachthimmel sei. Doch das ist falsch! In Wirklichkeit gibt es 48 weitere Sterne, die heller strahlen als er.

Was macht also den Polarstern – auch bekannt als Nordstern oder Polaris – so berühmt? Der Name deutet es bereits an: Er befindet sich direkt über dem Nordpol der Erde. Für die Menschen auf der Nordhemisphäre geht Polaris also niemals auf oder unter. Er sitzt immer am gleichen Fleck und dient so als Dreh- und Angelpunkt der gesamten himmlischen Sphäre.

Doch warum scheint er sich nie zu bewegen? Und wäre der Nordstern für Sterngucker interessant, wenn er sich nicht an diesem speziellen Ort befände?

Um die Schlüsselrolle von Polaris am Nachthimmel zu verstehen, unternehmen wir in Gedanken eine Reise zum Nordpol und tun so, als wäre unser rotierender Planet eine Art kosmisches Karussell, auf dem wir sitzen. Wenn Sie am Pol, also im Zentrum des Karussells stehen und sich umsehen, so scheint das Universum um Sie herumzuwirbeln.

Schauen Sie jedoch nach oben, dorthin, wo die Rotationsachse der Erde die himmlische Sphäre scheinbar durchsticht, dann entdecken Sie nicht weit davon einen hellen Stern – den Polarstern. Vom Nordpol aus betrachtet steht Polaris direkt über Ihnen, er besitzt dann also eine Höhe von neunzig Grad über dem Horizont. >



BEIDE ILLUSTRATIONEN: NIGHT SKY / AH

Wie ein Brummkreisel »eiert« die Erde im All umher. Ihre Achse beschreibt dabei alle 25 700 Jahre einen großen Kreis am Himmel (siehe Grafik links). Nur gelegentlich zeigt die Achse dabei auf einen hellen Stern.

> Doch kehren wir in die Wirklichkeit unserer heimischen Breiten zurück. Dann sehen Sie, dass der Nordstern zwar immer noch im Norden, jedoch nicht mehr genau über Ihnen steht. Stattdessen entspricht seine Höhe über dem Horizont dem geografischen Breitengrad Ihres Standorts. Die Redakteure von ASTRONOMIE HEUTE zum Beispiel sehen Polaris in einer Höhe von gut 49 Grad – das ist die Breite von Heidelberg. Wenn Sie weiter in Richtung Äquator fahren, so werden Sie feststellen, dass der Polarstern immer näher an den Nordhorizont rückt.

Doch ganz gleich, wie hoch er am Firmament erscheint, markiert Polaris immer die Richtung zum Himmelsnordpol, weshalb ihn Amateurastronomen auch gern zum Einnorden ihrer Instrumente benutzen. Stellen Sie sich vor, Sie zögen die kürzeste Linie vom Polarstern zum Horizont. Dann markiert der Schnittpunkt genau die Nordrichtung. Und während die Nacht fortschreitet und die Himmelssphäre der Sterne sich um unseren Planeten dreht, bleibt Polaris immer fest.

Nun: Nicht ganz, denn er verfehlt die genaue Position des Himmelsnordpols um fast ein Grad – das entspricht ungefähr der Breite Ihres kleinen Fingers bei ausgestrecktem Arm. Während der Nacht zeichnet der Nordstern um den tatsächlichen Himmelspol seinen eigenen kleinen Kreis, aber das ist nur auf Fotos mit langer Belichtungszeit zu erkennen.

Wie den Nordstern finden?

Für das bloße Auge ist seine geringfügige Bewegung so gut wie unsichtbar. Man kann also für fast alle praktischen Zwecke sagen, dass der Polarstern den nördlichen Himmelspol markiert. Mittlerweile sind Sie wahrscheinlich davon überzeugt, dass Polaris ein wichtiger und nützlicher Stern ist. Doch wo genau ist er am Himmel zu finden?

Sie können ihn recht einfach orten, besonders dann, wenn Sie den Großen Wagen im Sternbild Ursa Maior (Großer Bär) kennen. Denn dieser ist bei klarem Himmel in jeder Nacht von Europa aus irgendwo zu sehen.

Nutzen Sie unsere Sterntafel (S. 42), um den Großen Wagen und Polaris zu finden. Drehen Sie das Heft auf den Kopf, sodass die gelbe Beschriftung »Nord« auf Sie zu zeigt. Lassen Sie dann den Blick vom Horizont ein Drittel des Wegs bis zu dem Punkt in der Kartenmitte wandern. Dort werden Sie den Großen Wagen kopfüber hängen sehen. Wenn Sie den Abstand der zwei hinteren Sterne des Wagenkastens fünfmal nach oben verlängern, so gelangen Sie direkt zum Polarstern, dem hellsten Stern des Kleinen Wagens im Sternbild Kleiner Bär (Ursa Minor).

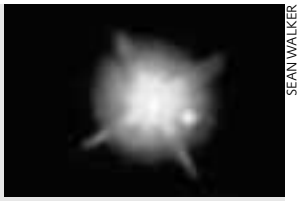
In einer der nächsten sternklaren Nächte können Sie die Karte dann mit nach draußen nehmen und den Vorgang unter realen Bedingungen wiederholen. Um ungefähr zu wissen, wo Norden ist, beobachten Sie, wo die Sonne untergeht (Westen), und drehen Sie sich dann zirka neunzig Grad nach rechts. Sie werden nun keine Probleme haben, den Nordstern zu finden. Sicher – er ist nicht der hellste Stern am Himmel. Trotzdem ist er selbst in städtischen, lichtverschmutzten Gegenden ein leichter Fang.

Dass wir mit Polaris einen relativ hellen Wegweiser der Nordrichtung haben, ist pures Glück und war in der Vergangenheit nicht immer so: Es gibt keinen Grund dafür, dass die Rotationsachse unseres Planeten auf einen unübersehbaren Stern zeigen muss. Wenn Sie gelegentlich einmal die südliche Halbkugel besuchen, so müssen Sie dort ohne einen derart leicht zu findenden Wegweiser auskommen. Den südlichen Himmelspol

GLOSSAR

Polaris ist entgegen der landläufigen Meinung nicht der hellste aller Fixsterne am Nachthimmel. Diesen Rekord hält Sirius im Sternbild Großer Hund.

In großen Teleskopen (siehe Bild rechts) erkennt man, dass der Polarstern in Wirklichkeit aus einem Doppelsternsystem besteht.



SEAN WALKER

der Erde markiert nur ein matter Stern (siehe S. 35 oben), den Sie ohne optische Hilfsmittel kaum sehen können.

Nur zeitweise verlässlich

»Doch ich bin standhaft
wie des Nordens Stern,
Des unverrückte, ewig stete Art
Nicht ihresgleichen hat am
Firmament«

Mit diesen Zeilen rühmt der römische Imperator in William Shakespeares Stück sich selbst.

Es ist ein starkes Bild: Inmitten des Aufruhrs der Welt betrachtet sich Julius Cäsar als Dreh- und Angelpunkt der Welt – so wie Polaris seine feste Position am sich langsam drehenden Himmel scheinbar unveränderlich beibehält. Umso schlimmer, dass er das gar nicht tut, jedenfalls nicht auf lange Sicht (siehe Abbildung S. 32 oben links).

Polaris ist nicht schon immer der Polarstern gewesen, und er wird es auch nicht ewig bleiben. Das liegt daran, dass sich der Punkt am Himmel, auf den die Rotationsachse der Erde zeigt, mit der Zeit langsam ändert. Wie ein rotierender Kreisel, dessen Achse schwerfällig eiert, führt auch die Erde eine Taumelbewegung aus, die man Präzession nennt. Sie wird durch den gemeinsamen Gravitationseinfluss von Mond und Sonne verursacht. Das Resultat: Der Himmelsnordpol zieht einen 47 Grad weiten Kreis über den Himmel, wobei er für eine volle Umdrehung 25700 Jahre braucht. Die meiste Zeit davon weist der Nordpol der Erde allerdings in eine Himmelsregion, die von viel schwächeren Sternen bevölkert ist.

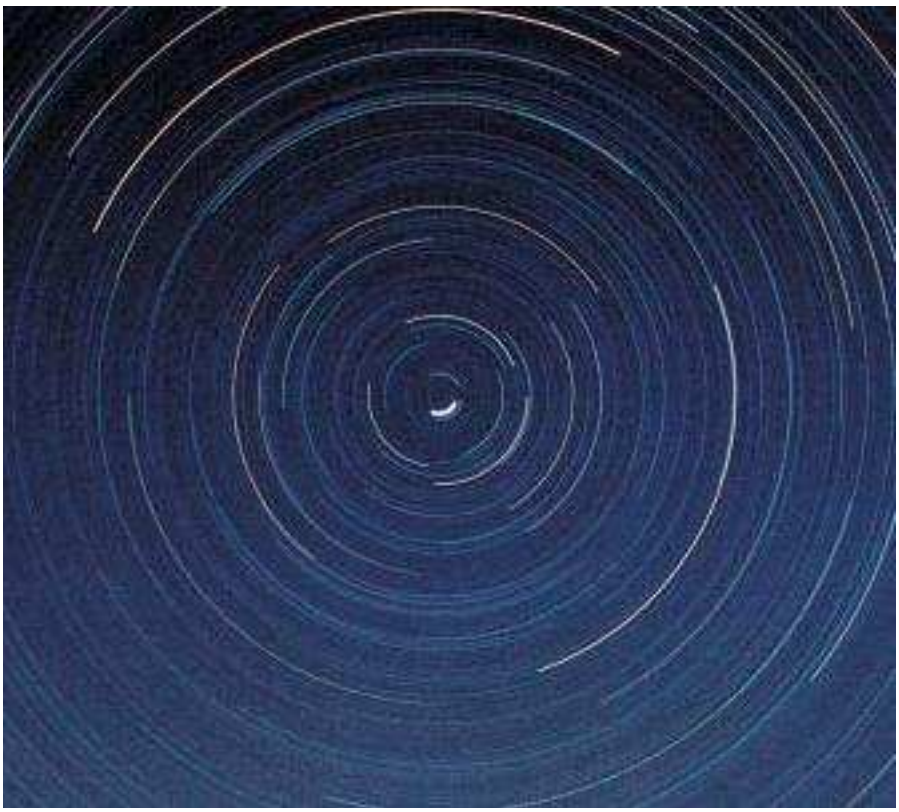
Anfang des 22. Jahrhunderts wird Polaris mit weniger als einem halben Grad noch näher am Himmelspol liegen als heute. Als Shakespeare im späten 16. Jahrhundert seinen Julius Cäsar schrieb, hatte Polaris eine Entfernung von zwei Grad vom Himmelsnordpol und erschien dem Dichter ebenso konstant und unbewegt wie uns. Im Jahr 44 v. Chr., als Cäsar ermordet wurde, gab es jedoch keinen hellen Stern, der den Himmelspol kennzeichnete. Polaris war zwölf Grad entfernt und Kochab, der zweithellste Stern im Kleinen Wagen, lag nicht viel näher.

Shakespeare wusste wahrscheinlich nicht viel über Präzession und die Worte, die er schrieb, reflektieren gewiss nicht die Himmelswirklichkeit zu Cäsars Zeiten. Doch womöglich verlieh der Künstler bloß einem populären Gefühl jener Zeit seine Stimme, das die Zeitalter überdauert hat. Der Nordstern – oder welcher Stern eben gerade dem Himmelsnordpol am nächsten war – wurde als wichtigster Stern am Firmament angesehen.

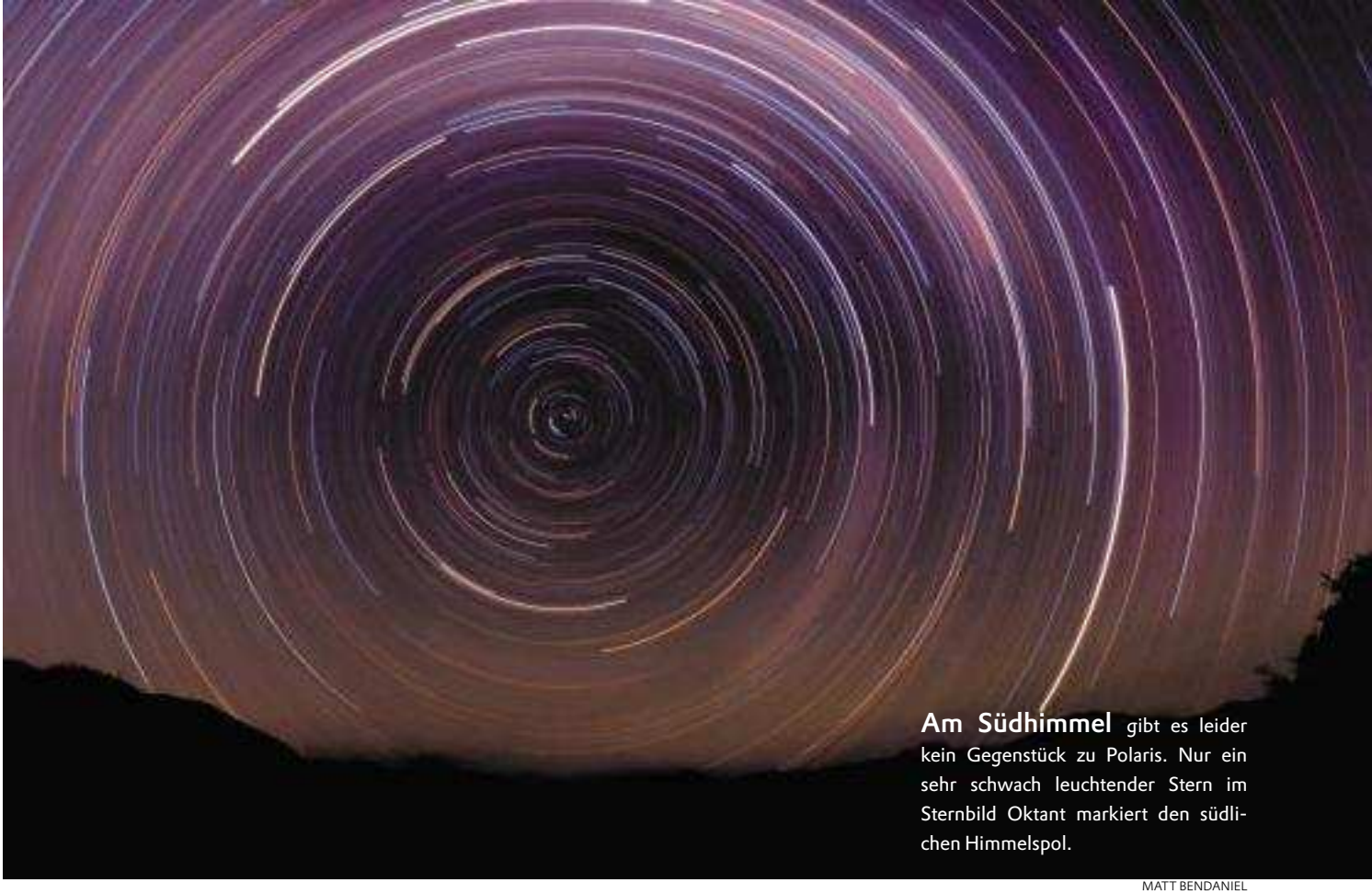
Als die Ägypter vor 4600 Jahren die Cheopspyramide bei Gizeh konstruierten, bauten sie darin einen schmalen Schacht ein, der sich von der Königskammer aus durch die Pyramide hindurch erstreckte und in Richtung des Polarsterns jener Zeit wies: Thuban, der hellsten Sonne im Sternbild Drache.

In China wurde der Kaiser als irdisches Pendant des Himmelspols betrachtet. Vor ungefähr 3000 Jahren, als die Erdachse wieder einmal nicht auf einen hellen Stern zeigte, könnten chinesische Himmelsbeobachter speziell gemeißelte Jadescheiben verwendet haben, um die wahre Nordrichtung zu finden. Die Existenz eines hellen Sterns nahe dem nördlichen Himmelspol war auch für Reisende hilfreich. Sie benutzten ihn dazu, ihren Breitengrad und die Nordrichtung zu be- >

Die Erdachse weist nicht genau zum Nordstern. Auch Polaris zieht einen kleinen Kreis um den nördlichen Himmelspol (Bild unten links). Der Große Wagen ist in klaren Nächten im Spätsommer gegen Mitternacht am Nordhorizont zu finden. Seine Kastensterne Merak und Dubhe weisen auf Polaris im Kleinen Wagen.



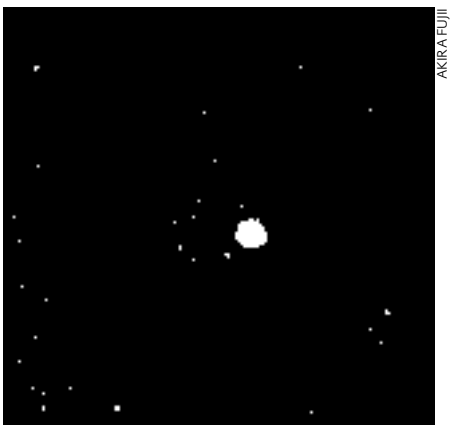
LINKES FOTO: CHRIS COOK; RECHTES FOTO: AKIRA FUJII / AH



Am Südhimmel gibt es leider kein Gegenstück zu Polaris. Nur ein sehr schwach leuchtender Stern im Sternbild Oktant markiert den südlichen Himmelspol.

MATT BENDANIEL

> stimmen. In der jüngeren Vergangenheit, als sich der Himmelspol Polaris näherte, erhielt der Stern die vielfältigsten Namen, besonders unter Seeleuten. Die Polynesier, die vor 1600 Jahren die Hawaii-Inseln entdeckten, nannten ihn Hokupa'a, den »standhaften Stern«. Die Angelsachsen des 16. Jahrhunderts kannten ihn als den Schiffsstern (englisch: Ship-star), und im Europa des 17. Jahrhunderts firmierte er unter dem Namen Leitstern (englisch: Lode-star). Obwohl er nicht mit modernen GPS-Geräten konkurrieren kann, ist der Nordstern doch mehr als ein Millennium lang eine sehr viel genauere Navigationshilfe gewesen als ein traditioneller Kompass. Im kommenden Jahrtausend wird der nördliche Himmelspol nach und nach an Polaris vorbei in Richtung Sternbild Kepheus wandern. Der Stern, der dem Himmelsnordpol in ungefähr 12000 Jahren am nächsten stehen wird, ist die strahlende Wega (Alpha Lyrae, α Lyr) im Sommersternbild Leier. Dann wird unser gegenwärtiger Nordstern nur noch einer von vielen gewöhnlichen Sternen am Himmel sein. Oder etwa doch nicht?



AKIRA FUJII

Preziose Zusammen mit einigen schwachen Sternen bildet Polaris im Feldstecher das Sternmuster »Verlobungsring«.

Ein veränderlicher Stern

Auf den ersten Blick scheint Polaris ein ziemlich normaler Stern zu sein. Sieht man aber genauer hin, dann stellt er sich doch als etwas ganz Besonderes heraus. Zunächst einmal ist er ein Doppelstern, wie der deutsch-englische Astronom William Herschel bereits im Jahr 1780 bemerkte. Besitzt Ihr Teleskop eine Öffnung von mindestens zwanzig Zentimetern, so können Sie sogar seinen matt glänzenden Begleiter entdecken.

Noch wichtiger: Polaris ist ein veränderlicher Stern. Seine nächsten Verwandten sind eine spezielle Klasse pulsierender Sterne, deren Helligkeit schwankt, wenn die äußeren Schichten dieser Sonnen an- und abschwellen. Der Polarstern, den wir heute beobachten, wird mit einer Periode von 3,97 Tagen heller und dunkler, doch die Veränderung ist sehr schwach und mit dem bloßem Auge nicht zu erkennen.

Mitte der 1980er Jahre entdeckten Astronomen, dass die Variation der Sternhelligkeit abnahm, während seine Pulsperiode langsam länger wurde. Manche sagten sogar voraus, dass er schließlich ganz zu pulsieren aufhören könne. Die neuesten Messungen deuten jedoch darauf hin, dass die Helligkeitsschwankungen wieder deutlicher werden, während die Periodendauer weiterhin jedes Jahr um ein paar Sekunden zunimmt. Niemand ist sich wirklich sicher, was das alles zu bedeuten hat. Doch wahrscheinlich macht der Nordstern eine besonders instabile und kurze Entwicklungsphase durch.

Für Sterngucker auf der Nordhalbkugel spielen diese kleinen Veränderungen von Polaris allerdings keine Rolle. Wie schon seit Jahrhunderten wird der Nordstern ein konstanter und nützlicher Begleiter am Himmel bleiben. <<

Govert Schilling schreibt in seiner niederländischen Heimatstadt Amersfoort über Astronomie.

AKIRA FUJII

Der Hantelnebel

Vor dem sternerfüllten Hintergrund der Milchstraße leuchtet der Hantelnebel. Am oberen Rand sehen Sie den hellen Mittelstern des Sternmusters »M« (siehe Karte rechts).

Hier können Sie die zündenden Stufen der Sternentwicklung direkt beobachten.

>> Joshua Roth

Die Rückkehr des Halleyschen Kometen im Jahr 1986 gewann mich für die Amateurastronomie. So kaufte ich mir das einzige Teleskop, das sich ein Student nach dem Vordiplom leisten konnte: einen Kasten voller gebrauchter Teile für sechzig Dollar. Nachdem ich den Tubus abgeschmirgelt und neu lackiert hatte, ließ ich den 14-Zentimeter-Spiegel neu mit Aluminium bedampfen und besaß ein kleines, aber brauchbares Spiegelteleskop. Zwar war das Instrument mit einem stabilen Stativ ausgerüstet, doch oft hatte ich den Tubus einfach auf dem Schoß, wenn ich in lauen Sommernächten bei geringer Vergrößerung die Milchstraße beobachtete und den Anblick des Sternhimmels genoss.

In diesen Nächten erblickte ich ein seltsames Leuchten in Form einer Fledermaus. Es erinnerte mich an das Logo, das für Batman in Krisenzeiten an den Himmel von Gotham City projiziert wird. Ich hatte zuerst keine Ahnung, was dieser kosmische Geist sein könnte. Vergessen Sie nicht, dass ich ein Astronomie-Frischling und die Himmelsbeobachtung ein noch neuer Teil meines Lebens war.

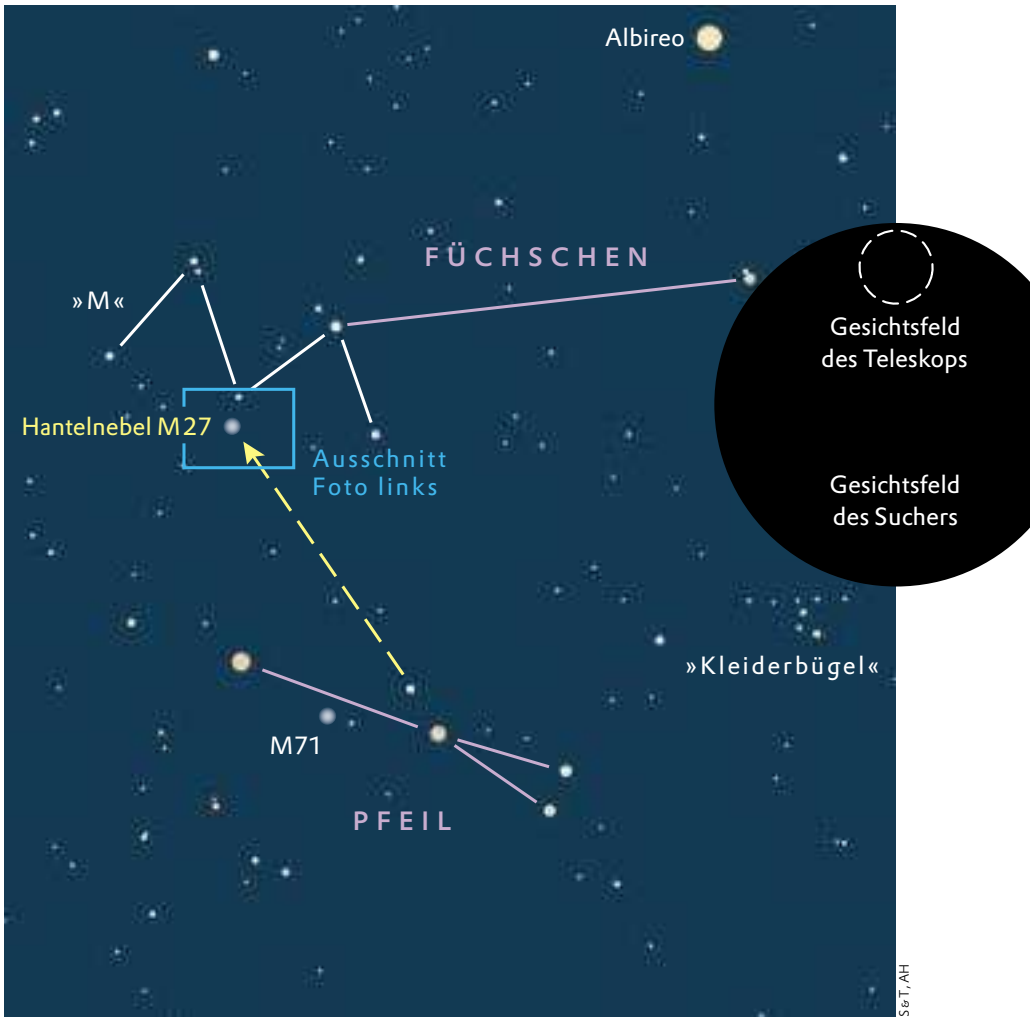
Keine Gemeinsamkeiten

Doch schon bald hatte ich das Rätsel gelöst – ich war über den Hantelnebel im Sternbild Fuchs oder Füchschen (»Vulpecula«, Vul) gestolpert, genauso wie der berühmte französische Kometenjäger Charles Messier 222 Jahre früher.

Glücklicherweise hatte ich zwei Dinge an der Hand, die Charles Messier entbehrte: astronomische Jahrbücher mit Fotos des Nebels und weitere Literatur, die auf ein Jahrhundert astrophysikalischer Forschung zurückblickte. So erfuhr ich, dass meine Fledermaus ein Planetarischer Nebel war, die abgestoßene äußere Hülle eines Sterns, der einst wie unsere Sonne gestrahlt hatte, doch nun an der Schwelle des Todes stand.

Was aber haben Planetarische Nebel mit Planeten zu tun? Wilhelm Herschel prägte diesen Begriff, nachdem er 1781 Uranus entdeckt hatte. Beim Blick durch sein Teleskop entdeckte er eine gewisse Ähnlichkeit zwischen diesem und den Planetarischen Nebeln.

Sie finden den Hantelnebel, indem Sie zuerst das helle Sommerdreieck suchen (zu sehen auf S. 42). Dann orten Sie den Pfeil in der Mitte zwischen den Sternen Albireo und Atair (außerhalb des Bilds). Wenn Sie der Linie der beiden mittleren Sterne des Pfeils folgen, kommen Sie zu der M-förmigen Gruppe, die mit den meisten Feldstechern und Suchern sichtbar ist. Der Hantelnebel liegt direkt neben dem mittleren Stern des M.



Damit enden die Gemeinsamkeiten auch schon fast. Heute wissen wir, dass ein solcher Nebel größer ist als unser gesamtes Sonnensystem, ganz zu schweigen von Uranus, und aus völlig anderen Gründen leuchtet als Sterne und Planeten. Trotzdem haben Planeten und Planetarische Nebel tatsächlich etwas miteinander zu tun, aber dazu komme ich später. Außerdem können Sie einen Teil davon selbst beobachten!

Der Pfeil führt Sie zum »M«

Dazu müssen Sie den Hantelnebel jedoch erst einmal mit Ihrem Teleskop finden. Zum Glück ist das in einer klaren Septembernacht recht einfach, denn dann steht er hoch im Westen.

Da der Hantelnebel, das Messierobjekt mit der Nummer 27, der hellste und einer der größten Planetarischen Nebel ist, können Sie ihn sogar mit einem 7×50-Feldstecher erspähen. Seine wunderbaren Details gibt er in jedem halbwegs vernünftigen Teleskop, ob groß oder klein, preis.

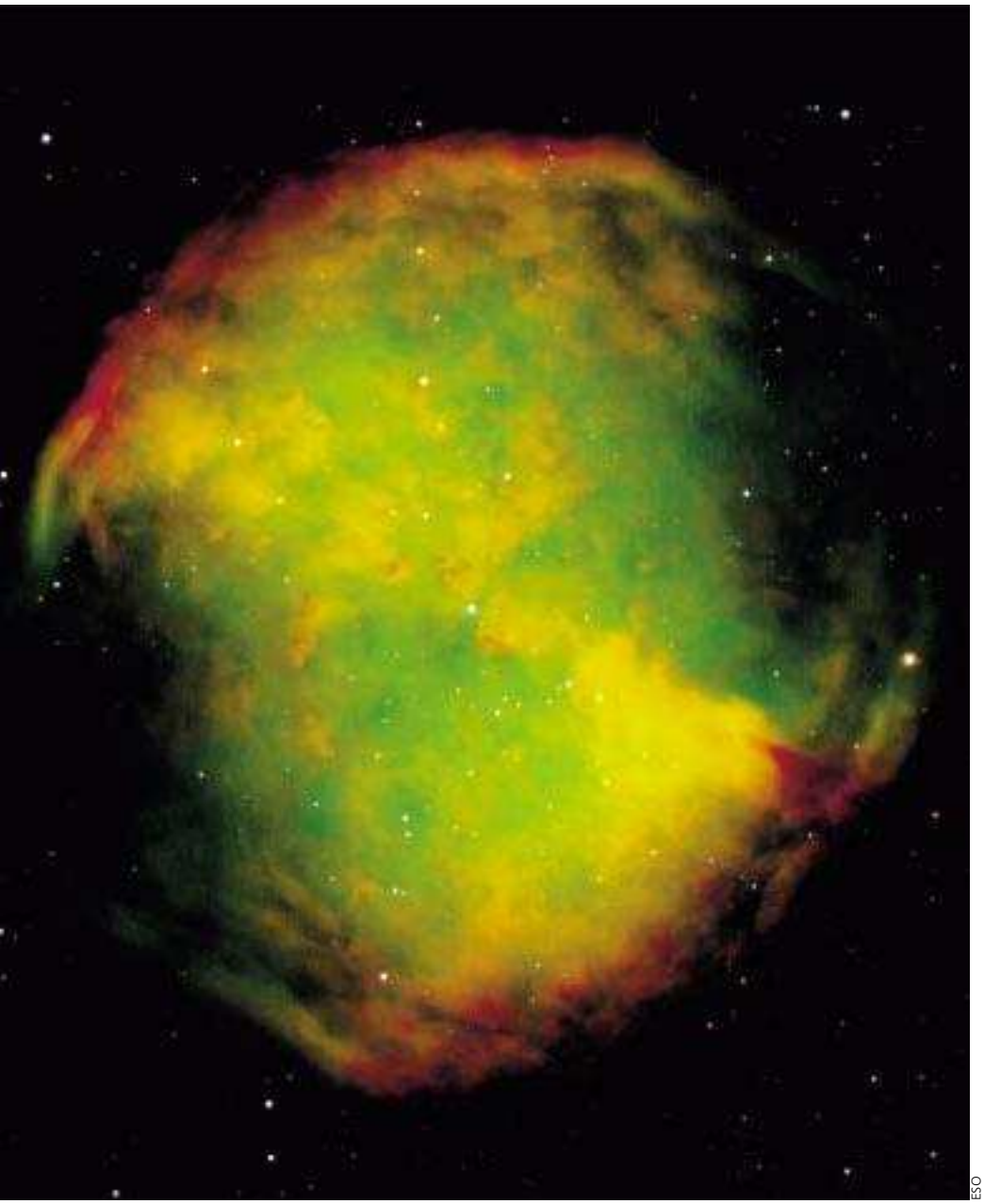
Aber seien Sie gewarnt – das Sternbild Fuchs, in dem sich M 27 befindet, ist nicht leicht zu entdecken. Es enthält keine besonders hellen Sterne und liegt in einem Bereich der Milchstraße voller schwächerer Objekte. Aber das sollte uns bei der Jagd nach der Hantel nicht aufhalten. Ich fange immer beim großen, hellen Sommerdreieck an. Dessen nördlichster Stern ist Deneb, er markiert den Schwanz des Sternbilds Schwan (»Cygnus«, siehe AH 7-8/2005, S. 48). Dann gehe ich zu >

Davon haben Sie schon immer geträumt.

Ein 8kg leichtes Handgepäckstück für Ihre nächste Flugreise mit der vollen Leistung eines kompletten 8-Zoll-Dobsons. Stabil und solide aus Birke-Multiplex, Aluminium und Edelstahl. **Alles ist drin:** zerlegbarer F/4-Newton in Gitterbauweise, 2-Zoll-Drehfokussierer, klassische Dobson-Montierung. Industriell gefertigt, extrem einfach zu handhaben, optimal in Größe, Gewicht und optischer Leistung. Perfekt für die Galaxien- und Nebeljagd in Ihrem nächsten Urlaub. Und jetzt neu: **Sonnenfilter** (volle Öffnung), in der Transportbox verstaubar, ideal für die SoFi 2006.

Hofheim Instruments

Hofheim Instruments M. Tennigkeit
Hattersheimerstr. 29 a D - 65719 Hofheim
Telefon +49 (0) 61 92 - 22 333
E-Mail Service@HofheimInstruments.com



ESO

Auch Ihr Amateurteleskop kann viele der größeren Strukturen des Hantelnebels auflösen, die diese Eso-Aufnahme zeigt. Details wie den Zentralstern des Nebels auszumachen, den kleinen weißen Fleck im Mittelpunkt, ist eine weit größere Herausforderung.

> Albireo, dem Kopf des Schwans, der nur unter extrem schlechten Bedingungen in der Lichtverschmutzung verschwindet.

Zwischen Albireo und Atair, der Südecke des Sommerdreiecks, schießt als kleines, aber auffälliges Sternbild der Pfeil (»Sagitta«, Sge) durch die Milchstraße. Habe ich diesen erst einmal gefunden – bei sehr hellem Himmel mit Hilfe eines Feldstechers –, dann stelle ich das Fadenkreuz meines Suchers auf seine zwei diagonal orientierten Mittelsterne ein.

Von dort aus ist es ein kurzer Sprung zum Hantelnebel, der direkt neben einem M-förmigen Sternquintett im Fuchs liegt. Der Mittelpunkt dieses auffälligen M ist der helle Stern, den Sie im oberen Teil des Fotos auf S. 36 sehen. Die meisten Teleskope zeigen diesen Stern und den Hantelnebel gleichzeitig in einem Feld geringer Vergrößerung. Sobald Sie den Nebel im Teleskop zentriert haben, sollten Sie auf jeden Fall verschiedene Vergrößerungen ausprobieren.

Wechselhaftes Objekt

Das Erste, was die meisten Beobachter fasziniert, ist die ausgeprägte Elongation des Nebels. Aber er wirkt nicht notwendigerweise wie eine Hantel, wie der beliebte, leider inzwischen verstorbene S&T-Kolumnist Walter Scott Houston bemerkte. Scotty meinte, der Nebel sehe durch ein kleineres Teleskop eher wie ein Rechteck aus. Sky & Telescope- und Buchautor Stephen O'Meara beschreibt den Anblick durch einen Zehn-Zentimeter-Refraktor als »Form einer Sanduhr«, während der Kanadier Ken Hewitt-White »einen geisterhaften Apfelbutzen« durch sein noch größeres Spiegelteleskop erkennt.

Ich sehe immer noch die Fledermaus mit ausgestreckten Flügeln. Meinem vierjährigen Sohn gefällt dieser Vergleich. Aber »wahr ist, dass dieser unbeständige Nebel so viele Gestalten wie Beobachter hat«, wie Houston schrieb. »Sein Erscheinungsbild kann sich sogar mit den Beobachtungsbedingungen von Minute zu Minute ändern.«

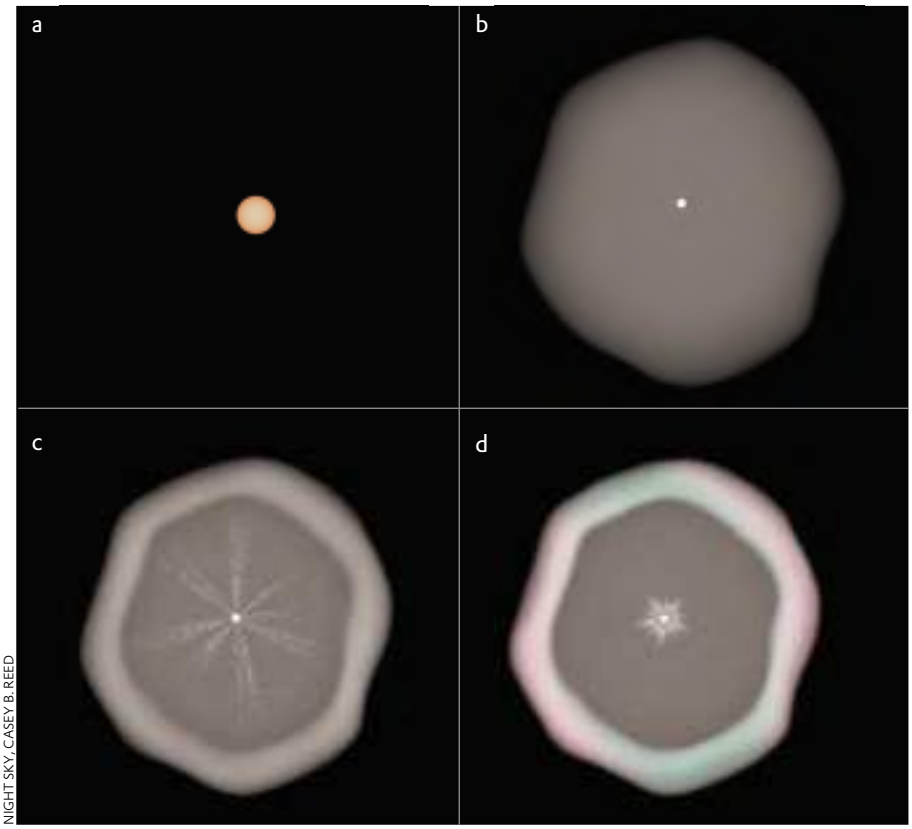
Statt schillernder Farben nur eine graue Wolke

Neben der Form ist die Farbe ein wichtiges Merkmal von Deep-Sky-Objekten. Erwarten Sie nicht, den Nebel in allen Farben des Regenbogens schillern zu sehen. Mir erscheint er wie eine graue Wolke. Manche Beobachter erzählen jedoch von blauen oder grünen Schattierungen, wenn sie Planetarische Nebel durch ein großes Teleskop betrachten. Die Farbsicht des menschlichen Auges funktioniert eben erst ab einer bestimmten Grenzhelligkeit.

Die Farben und Formen der Planetarischen Nebel erzählen den Astronomen die großartige Geschichte von Tod und Erneuerung im Kosmos. Diese Geschichte können wir im Hantelnebel hautnah erleben.

Sie beginnt, wenn der Stern den gesamten Wasserstoff in seinem Kern verbrannt hat. Dann bricht der Fusionsprozess, der den Stern Hunderte von Millionen Jahren hat leuchten lassen, kurzfristig zusammen. Nach einigen chemischen Zwischenschritten beginnt der Stern aber schnell ein weiteres, heißeres Kernbrennen, in dem aus Helium Kohlenstoff und Sauerstoff gebildet wird. Währenddessen fusioniert der Wasserstoff in einer Schale der Hülle zu Helium.

Dieser doppeläufige Fusionsreaktor produziert mehr Energie, als der Stern



NIGHT SKY, CASEY B. REED

Die Geburt eines Planetarischen Nebels. Wenn der Stern (a) die zweite Runde der Kernfusion zündet, schwillt seine Hülle an (b). Starker Druck treibt die äußere Hülle weit in den interstellaren Raum hinaus, der Kern wird entblößt. Ein schneller Teilchenwind vom Kern presst die äußeren Schichten zu einer dünnen Schale zusammen(c), die durch UV-Strahlung aus dem Kern zum Leuchten angeregt wird (d).

abstrahlen kann. Die zusätzliche Energie bläst den Stern auf, er wird zu einem Roten Riesen und röstet oder verschluckt sogar einige der ihn umlaufenden Planeten. Wenn in sechs oder sieben Milliarden Jahren unsere Sonne zum Riesenstern wird, blüht der Erde das gleiche Schicksal.

Später führt der Aufruhr im Innern des Sterns dazu, dass dieser seine äußere Hülle komplett abstößt. Dieses Material verteilt sich über einen Bereich, der wesentlich größer ist als unser Sonnensystem. Der entblößte Kern strahlt einen sehr schnellen Partikelwind ab, der auf die abgestoßene Hülle prasselt und sie zu einer dünnen Schale zusammenpresst.

Zu guter Letzt ionisiert die ultraviolette Strahlung des Kerns die Atome in der Schale und regt sie zum Leuchten an, so wie der elektrische Strom die Atome in einer Neonlampe. Und ähnlich wie die Leuchtstoffröhre strahlt auch der neugeborene Planetarische Nebel nur bestimmte Farben ab, im Gegensatz zu Sternen, deren Leuchten das gesamte Spektrum umfasst. Dieser Effekt hat einen ganz praktischen Nutzen. Weil der Nebel nur bestimmtes Licht aussendet, können Sie sich einen Filter kaufen, der nur die Farben durchlässt, in denen das Objekt strahlt. Dadurch blenden Sie einen Großteil des Sternlichts und der Lichtverschmutzung aus, was Ihre Sicht ungemein verbessert. Die Nebelfilter kosten fünfzig bis hundert Euro, und Sie können sie in fast jedes Okular einschrauben.

Planetengeburt aus dem Staub

Das spezielle Leuchten der Planetarischen Nebel hat einen großen Einfluss auf unser Verständnis der kosmischen Geschichte von Tod und Erneuerung. Die blau-grünen Schattierungen, die manche Beobachter wahrnehmen, stammen von Sauerstoffatomen, die der aufgeblasene Stern mitsamt Kohlenstoff, Stickstoff und anderen für das Leben auf >

> der Erde wichtigen Elementen in den interstellaren Raum hinausbläst.

Noch wichtiger ist, dass viele der Elemente, die ein Roter Riese produziert, in dessen kühlerer äußerer Atmosphäre kleine Staubkörnchen bilden, die wiederum zusammenkleben. Auf diese Weise bildeten sich einst auch die Keime für die Planeten unseres Sonnensystems. Also lag Herschel nicht völlig daneben, als er eine Verbindung zwischen den Planeten und den Planetarischen Nebeln annahm.

Einige Astronomen sind sich sogar ziemlich sicher, dass Planeten bei der Formgebung des Hantelnebels eine Rolle gespielt haben. Wenn sie Recht haben, ist der Beweis sogar schon im Okular eines kleinen Teleskops zu sehen! Ein runder Roter Riese müsste nämlich seine Hülle gleichmäßig abstoßen und so einen kugelförmigen Planetarischen Nebel bilden.

Riesenplanet könnte Stern außer Form gebracht haben

Doch schon ein kurzer Blick durchs Fernrohr zeigt die ovale Form des Hantelnebels. Das legt nahe, dass entweder die expandierende Hülle des Sterns oder der nachfolgende schnelle Partikelwind in zwei Richtungen kanalisiert wurde. Experten vermuten, dass ein Riesenplanet diese Entwicklung auslösen könnte, der durch seinen Umlauf den Stern außer Form bringt.

Auch ein schwacher Begleitstern könnte das Trudeln verursachen. Orsola De Marco vom American Museum of Natural History und drei ihrer Kollegen fanden Hinweise auf solche Begleiter in zehn Planetarischen Nebeln. Der Hantelnebel stand nicht auf der Liste ihrer Ziele. Daher besteht immer noch die Möglichkeit, dass Planeten dessen wunderbare Gestalt formten – doch heute wären diese längst nur noch leblose Schlackeklumpen. <<

Joshua Roth beobachtet Planetarische Nebel inzwischen mit einem 21-Zentimeter-Teleskop von seinem Garten bei Boston aus.

FELDSTECHERTIPP

Auf Wiedersehen, Sommer!

Letztes Jahr habe ich in der Aprilausgabe erzählt, dass mir am Abendhimmel die Sichtbarkeit des Kugelsternhaufens M3 im Sternbild Bärenhüter das Nahen des Sommers ankündigt. In heißen Monaten steht Nacht für Nacht eine ganze Reihe interessanter Kugelhaufen bereit. M15 weit im Westen des Sternbilds Pegasus ist der letzte von ihnen und markiert somit quasi das Ende der Jahreszeit. Davon abgesehen haben diese Deep-Sky-Objekte einiges gemeinsam – besonders unter dem Aspekt der Feldstecherastronomie.

Beide stehen zur besten Beobachtungszeit hoch am Firmament und haben die Helligkeit eines 6.-Größenklasse-Sterns. Das heißt, dass Sie sie schon mit kleineren Ferngläsern sehen können – selbst bei ziemlich lichtverschmutztem Himmel. Dabei sehen sie bei geringen Vergrößerungen jeweils wie ein unscharf eingestellter Stern aus. M15 sticht M3 aber in einem wesentlichen Punkt aus: Er ist noch leichter zu finden!

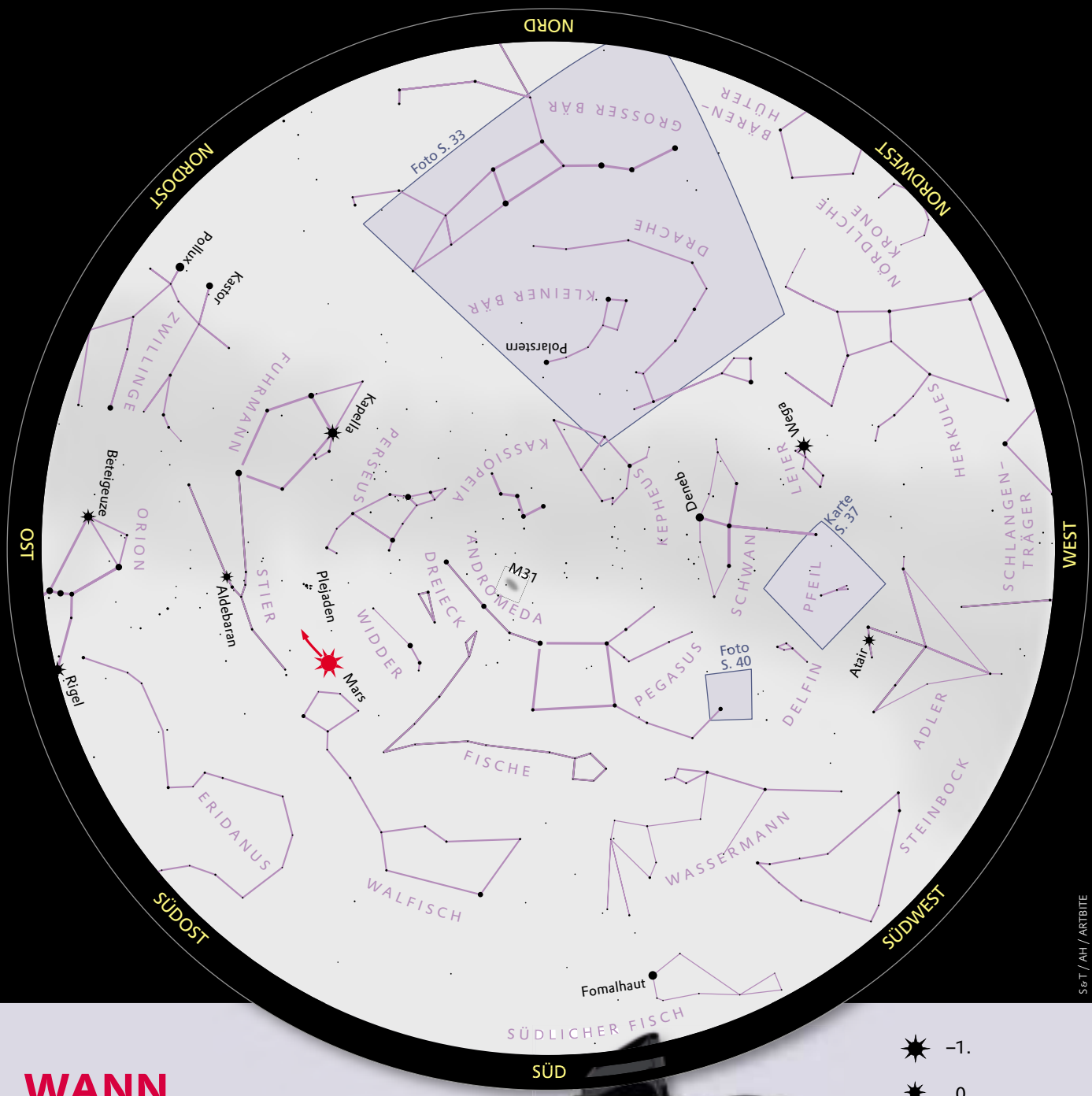
Verlängern Sie am Himmel die untere Kante des Pegasus- oder »Herbstvierecks« um die gleiche Strecke nach Westen, erreichen Sie den gelb-goldenen Stern Enif (Epsilon Pegasi, ε Peg, 2,4te Größe). Wenn Sie diesen an den südöstlichen Rand Ihres Feldstechergesichtsfelds bringen, liegt auch schon M15 am gegenüberliegenden Rand (Foto).

Unter allen Deep-Sky-Objekten sind Kugelsternhaufen die seltensten. In unserer Milchstraße können wir nicht einmal zweihundert von ihnen sehen. Und kaum einer ist derart hell wie M15: Er belegt Platz 12 der Rangliste. **>> Gary Seronik**

FOTO: AKIRA FUJII

Stern und Haufen können Sie mit einem schwach vergrößernden Feldstecher gleichzeitig betrachten. Ihr Abstand beträgt nur etwas mehr als vier Grad.

STERNTAFEL



S&T / AH / ARTBITE

WANN

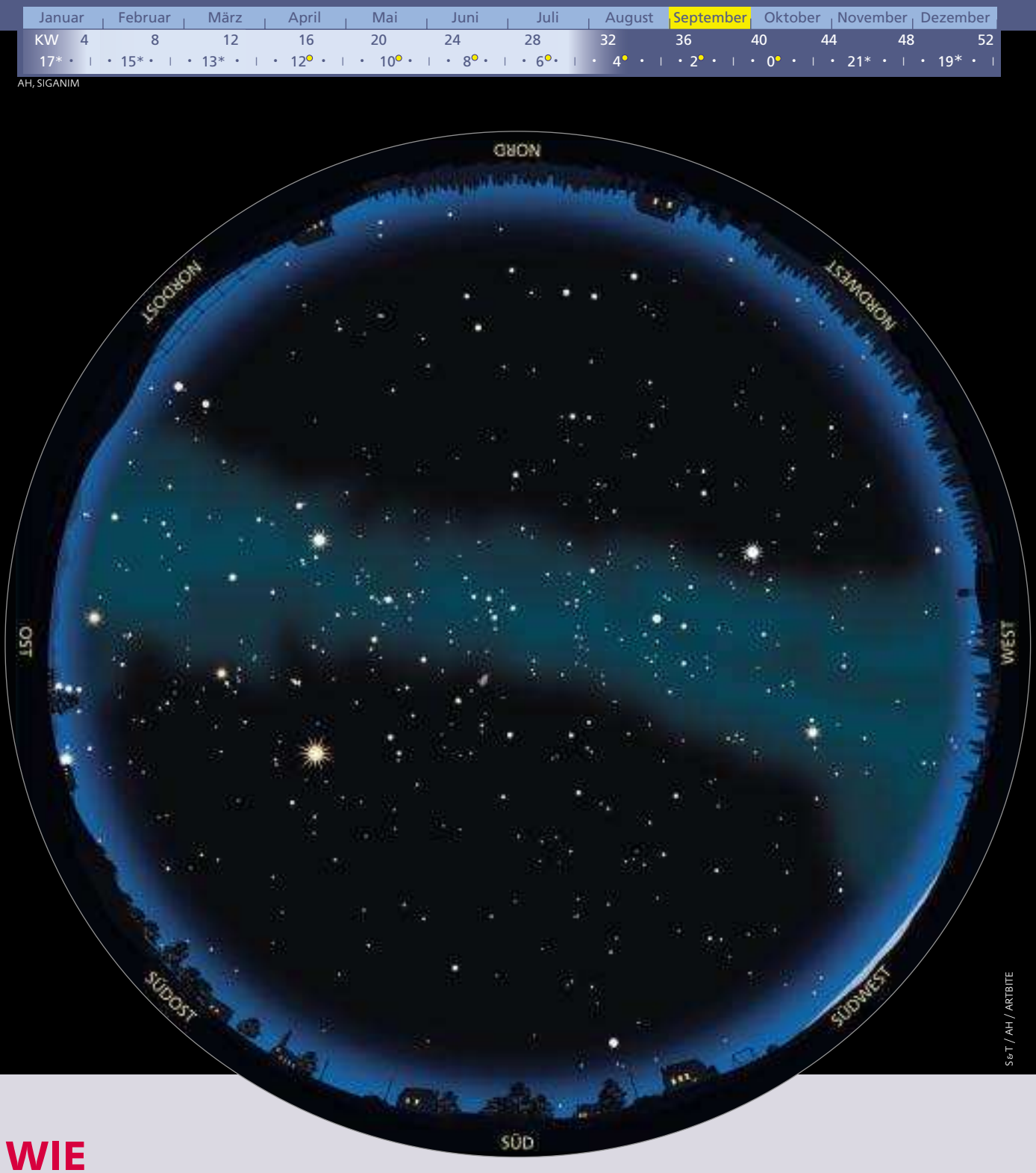
Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

August, zweite Hälfte: **3 Uhr**°
September, zweite Hälfte: **1 Uhr**°
Oktober, zweite Hälfte: **23 Uhr**°

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

S&T

–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse



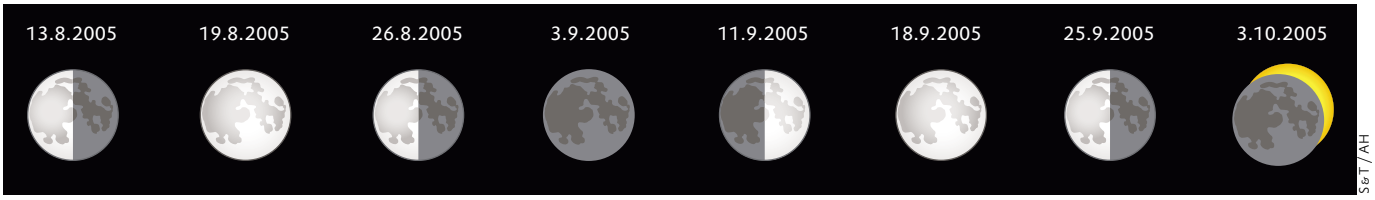
WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmel so, wie er sich Ihnen zu den ganz oben angegebenen Zeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder und Namen der hellen Sterne. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen dann direkt über dem Horizont. Der im Zentrum der Karte dargestellte Himmelsausschnitt befindet sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Mars steht hoch im Südosten und bewegt sich auf den Hauptstern des Stiers zu, Aldebaran. Das »Herbstviereck« des Pegasus steht hoch im Süden. Im Westen prangt das »Sommerdreieck« aus Wega, Atair und Deneb. Von hier aus erstreckt sich die Milchstraße über den Zenit bis zu den ersten Wintersternen, die schon über dem Osthorizont aufgegangen sind.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.



S&T / AH

Sterne, Haufen und Nebel

Wenn Wega abends hoch über unseren Köpfen steht, erreichen auch die berühmten Deep-Sky-Objekte im Schützen die beste Position, um beobachtet zu werden. **>> Fred Schaaf**

An den frühen Septemberabenden strahlt einer der beiden hellsten Sterne tief im Westnordwesten, während der andere hoch im Westen über unseren Köpfen thront.

Der blass orangefarbene Arktur (Alpha Bootes, α Boo) im Süden des Sternbilds Bärenhüter ist nach Sirius der zweithellste Stern an unserem Nachthimmel. Er zählt zu den Frühlingssternen und auf der mitternächtlichen September-Übersichtskarte (S. 42) ist er bereits untergegangen. Doch wenn Sie um 22 Uhr oder früher nach draußen gehen, können Sie ihn noch sehen. Nehmen Sie zum Aufsuchen einfach die Karte aus der Juli / August-Ausgabe zur Hand.

FOTO: AKIRA FUJII

Der zweite Stern ist Wega (Alpha Lyrae, α Lyr) in der Leier. Auf unserer Übersichtskarte ist sie auf halbem Weg vom Zenit in den Westen zu finden. Früher am Abend, wenn auch Arktur noch sichtbar ist, steht sie hoch im Süden, nicht weit vom Zenit entfernt. Wega hat fast die gleiche scheinbare Helligkeit wie Arktur, leuchtet jedoch blau-weißlich.

Ebenfalls auf unserer Karte eingezeichnet ist das breite, schummrige Band der Milchstraße. Es zieht sich vom Westhorizont steil nach oben, durch den Zenit und wieder hinunter in den Osten. Sie können es nur unter einem sehr dunklen Himmel, fernab von städtischer Lichtverschmutzung erkennen.

Auf halber Höhe über dem Westhorizont gibt es in diesem Streifen einen helleren Bereich. Das ist die Cygnus-Sternwolke im Sternbild Schwan (»Cygnus«). Tiefer am Horizont, im September gleich nach Einbruch der Dunkelheit zu beobachten, ist das breite Band mit einigen der berühmtesten Deep-Sky-Objekten gespickt: den Sternhaufen und Nebeln im Schild (»Scutum«, Sct, AH September/Oktober 2003, S. 45) und im Schützen (»Sagittarius«, Sgr).

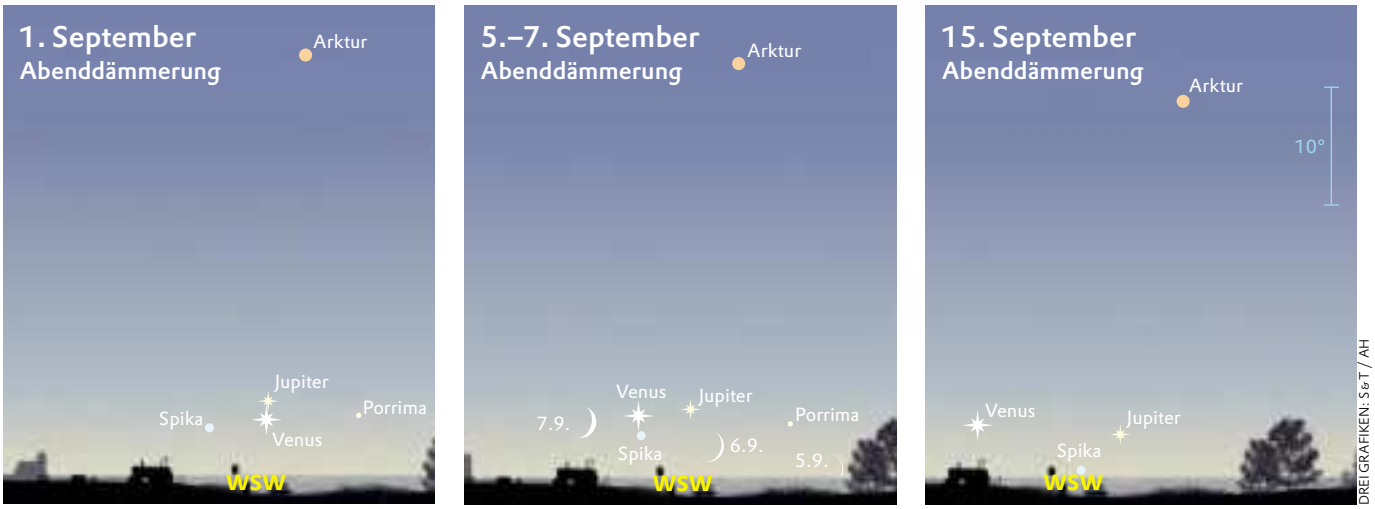
It's teatime! Ostfriesen bevorzugt? Leider nein! Denn wenn Ihr Wohnort zu weit im Norden liegt, ist der untere Teil des Bilds hinter dem Horizont verborgen.

Die hellsten Sterne des Schützen zeichnen die Form einer Teekanne nach und werden auch oft so genannt. Besonders im amerikanischen Raum hat sich dieses Bild durchgesetzt. Rechts oberhalb der Kanne befinden sich einige der schönsten Objekte der Milchstraße (Foto links):

Bereits mit bloßem Auge können Sie bei sehr klarer Sicht M24 erkennen, die Kleine Sagittarius-Sternwolke. Die Große Sagittarius-Sternwolke ergänzt wunderbar das Bild der Teekanne, denn sie »dampft« direkt rechts über dem Ausgießer. Nicht weit von ihr treffen Sie auf M8, den Lagunennebel (Glanzlichter, S. 70; Feldstechertipp AH 7-8/2005, S. 56), und M20, den Trifidnebel. Weiter oben Richtung Adler, beinahe schon im Sternbild Schild, liegt M17, der Omega- oder Schwanennebel. Alle diese Nebel und Haufen sind jedes einzelne äußerst faszinierende Beobachtungsziele für Instrumente mit ausreichendem Lichtsammelvermögen.

Planeten im September

In der Abenddämmerung des 1. September haben die beiden hellsten Planeten am Himmel eine sehr nahe Begegnung. Venus (–4. Größe) und Jupiter (–2. Größe) sind nur wenig mehr als ein Grad voneinander entfernt, weniger als die Breite Ihres kleinen Fingers in einer Armlänge Entfernung. Der Stern Spika (Alpha Virginis, α Vir, +1. Größe) macht in sechs Grad Entfernung aus dieser Anordnung ein spitzwinkliges Dreieck (Illustration oben links).



Venus bleibt uns noch den ganzen Monat lang erhalten, doch Jupiter sinkt immer tiefer, bis er gegen Ende des Monats im hellen Glühen der untergehenden Sonne verschwindet (oben Mitte und rechts).

Mars bewegt sich weiter auf die Erde zu und geht jede Nacht früher auf. Am Anfang des Monats steigt er gegen 22.30 Uhr über den Horizont, am Ende bereits gegen 20.30 Uhr. Dabei nimmt seine Helligkeit von –1,0te auf –1,7te Größe zu. Er übertrumpft somit gegen Ende des Monats Sirius (Alpha Canis Maioris, α CMa), den mit knapp –1,5ter Größe hellsten Stern am Nachthimmel.

Wenn Sie so lange wach bleiben, bis der Rote Planet hoch am Himmel steht, können Sie mit einem Fernrohr das tägliche Größerwerden seines Planetenscheibchens verfolgen. Dessen Durchmesser schwillt im September von 14 auf fast 18 Bogensekunden an. Anfang November ist übrigens Mars-Opposition. Mehr dazu in der nächsten Ausgabe!

Saturn geht erst einige Stunden vor der Morgendämmerung auf. Er hält sich den ganzen Monat über in der Nähe von M44 auf, dem Bienenstockhaufen im Sternbild Krebs. Schon mit einem kleinen Fernrohr oder mit Feldstechern ergibt sich ein tolles Motiv. Mit einem etwas größeren Teleskop können Sie auch sein Scheibchen mit den berühmten »Henkeln« – seinen Ringen – auflösen.

Eine Stunde vor Sonnenaufgang geht am 2. September ein sehr dünner Mond direkt links neben Merkur auf, eine ausgezeichnete Gelegenheit für Beobachtungen mit Ferngläsern. Zurück am Abendhimmel besucht die zunehmende Mondsichel am 6. und 7. September das helle Planetenpaar Venus und Jupiter (oben Mitte). In der Nacht vom 17. auf den 18. ist Vollmond, sodass spät am Abend des 21. eine immer noch ziemlich dicke Mondscheibe in der Nähe von Mars aufgeht. Saturn besucht der Mond am Morgen des 28. September.

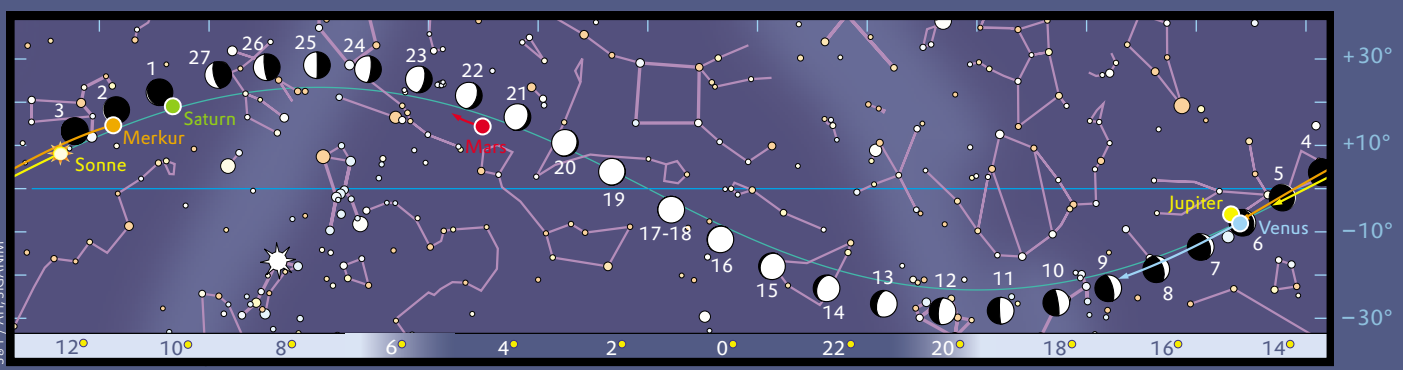
Die Sonne erreicht die Herbst-Tag-und-Nacht-Gleiche am 23. September um 0.23 Uhr MESZ. Sie läutet damit den Beginn des Herbstes auf der Nordhalbkugel und des Frühlings südlich des Äquators ein. <<

Wettleuchten am Abend Venus und Jupiter laden Sie in der Dämmerung ein, Ihre Instrumente aufzustellen und ihrem Treiben beizuwohnen.

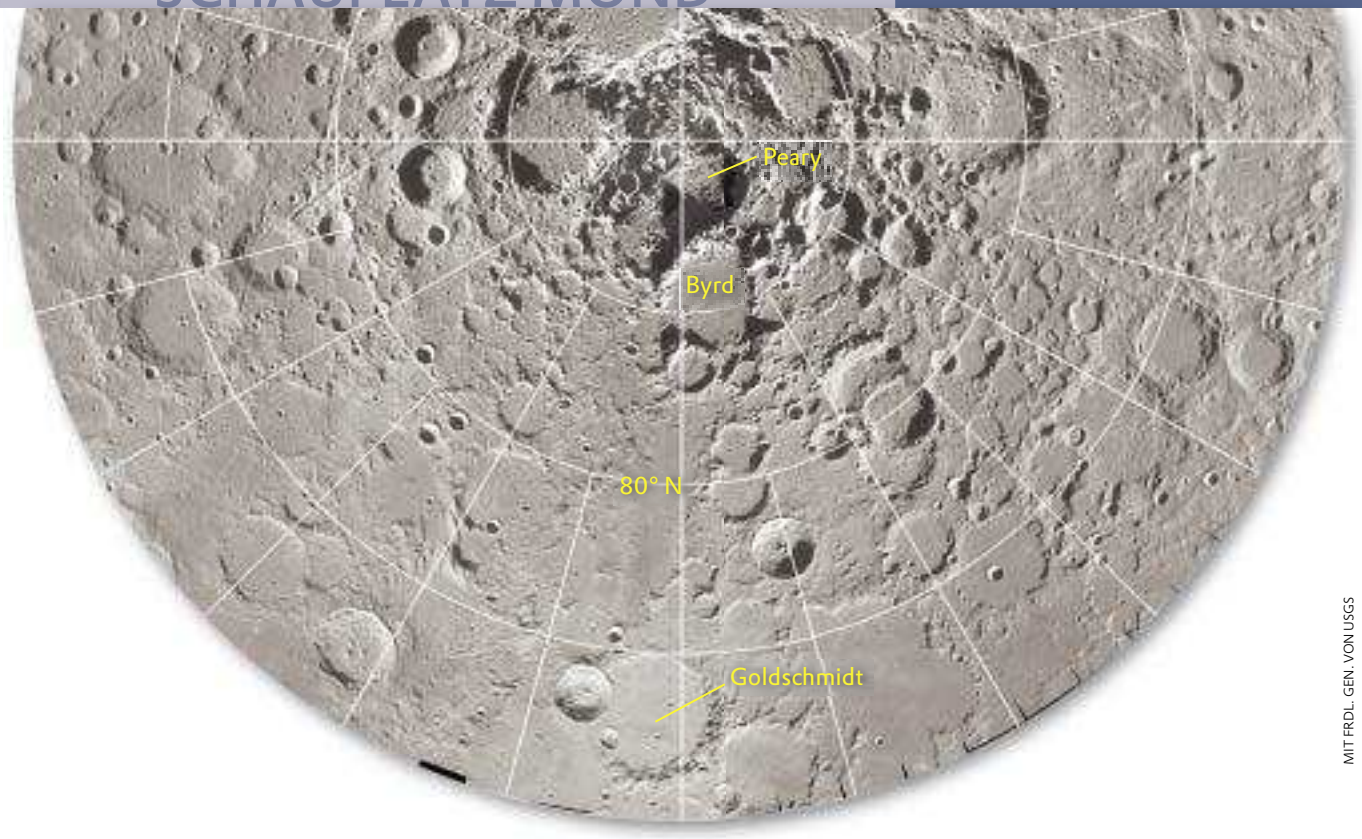
Das Monatspanorama zeigt Phasen und Positionen des Monds vom 1. bis zum 27. September. Die Pfeile kennzeichnen die Bewegungen von Sonne und Planeten vor den Fixsternen von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die ungefähre Ortszeit an, wann der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

Fred Schaaf wäre lieber auf einem der Jupitermonde als in dem neu entdeckten Planetensystem mit drei hellen Sonnen am Himmel zu Hause.

Der Mond und die Planeten im September 2005



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.



MIT FRDL. GEN. VON USGS

Reise zu den Polen

Die Nordpolregion des Monds ist auf dieser Mosaikaufnahme der Mondsonde Clementine zu sehen. Der Pol befindet sich am Rand des Kraters Peary. Die untere Bildhälfte zeigt in Richtung Erde.

Der Nord- und der Südpol unseres Monds sind für Wissenschaftler und Raumfahrtenthusiasten die interessantesten Gebiete.

>> Charles A. Wood

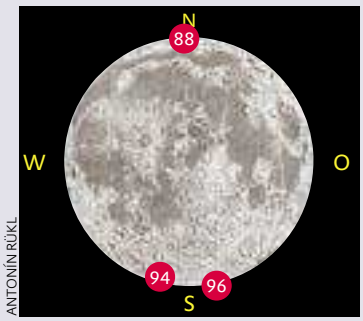
An den Polen des Monds gibt es Krater, deren Inneres in ewiger Dunkelheit liegt. Also Stellen, an denen die Sonne niemals scheint. Obwohl solche Krater nicht besonders einladend wirken, sind sie wahrscheinlich die idealen Standorte für zukünftige Mondbasen, denn es gibt dort Einzigartiges zu erforschen.

Wegen des in flachem Winkel einfallenden Sonnenlichts und der starken perspektivischen Verzerrung ist die Beobachtung der Mondpole mit einem Teleskop nicht ganz einfach. Aus einem fast tangentialen Blickwinkel erscheinen die hintereinander liegenden Krater stark verzerrt und sind so kaum voneinander zu trennen. Am Mondrand sehen wir sie sogar nur im Profil. Das lässt die hohen Berge am lunaren Südpol zwar beeindruckend aussehen, ihre räumliche Lage zueinander ist von der Erde aus mit einem Fernrohr aber kaum zu erkennen. Und da die Rotationsachse des Monds fast senkrecht zur Sonnenrichtung steht, befinden sich seine Pole immer in der Nähe der Tag-und-Nacht-Grenze. Alles zusammen ergibt eine extrem ungünstige Beleuchtung und macht es schwer, die einzelnen Mondformationen an den Polen auseinander zu halten. Dennoch gelang es in den letzten zweihundert Jahren einigen Beobachtern, dieses komplizierte Terrain zu kartografieren und den einzelnen Kratern und Bergspitzen Namen zu geben.

Wegweiser zum Pol

Die Nord- und die Südpolregion des Monds unterscheiden sich deutlich voneinander. Am Südpol finden wir die Gipfel des Leibnitz-Gebirges (L96 in der Lunar-Top-100-Liste). Die einzelnen Bergspitzen gehören zu einem gewaltigen Einschlagbecken, dem Südpol-Aitken-Becken, das sich auf der Rückseite unseres Trabanten befindet. Wandert man mit dem Teleskop auf der kraterübersäten großen Hochlandhalbinsel zwischen dem Ptolemäuskrater und dem Altai-Ge-

So finden Sie die polnahen Krater:



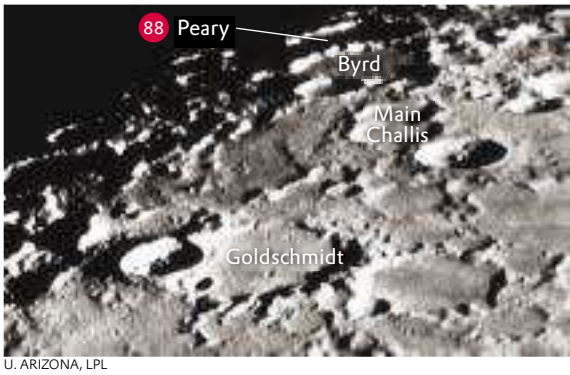
ANTONÍN RÜKL

Günstige Beobachtungszeiten für die Nordpolregion: 14.–16. 08. 2005, 12.–14. 09. 2005; für die Südpolregion: 24.–26. 08. 2005

MARTIN FIEDLER

Stark verkratert und perspektivisch verzerrt erscheint das Terrain in der Nähe der Mondpole. In diesem Bild ist wie üblich Norden oben. Die beiden anderen Bilder von der Südpolregion sind so aufgenommen, dass Süden oben ist.

TOM BASH



U. ARIZONA, LPL

birge in Richtung Süden, so nimmt die Anzahl der Krater immer mehr zu. In der Südpolregion ist die Landschaft schließlich derart mit Kratern übersät, dass es schwierig wird, einzelne Objekte auszumachen.

Den genauen Ort des Südpols zu finden ist ebenfalls ziemlich kompliziert. Er liegt am Rand des Kraters Shackleton, einem 19 Kilometer großen, relativ jungen Einschlagmal, das leicht in dem schlecht beleuchteten Wirrwarr von Kratern und Bergspitzen untergeht. Von der Erde aus gesehen befindet sich kein auffälliges Objekt in unmittelbarer Nähe des Südpols, doch die einzelnen Bergspitzen des Leibnitz-Gebirges und der 163 Kilometer große Krater Drygalski (L94) im Westen können als hilfreiche Wegweiser dienen. Wenn die Libration günstig ist und man diese Formationen erkennen kann, bestehen auch gute Chancen, den Südpol des Monds zu finden.

Verglichen mit dem Wirrwar im Süden ist die lunare Nordpolregion relativ übersichtlich. Viele der älteren Krater nördlich des Mare Frigoris haben niedrige Wälle und flache Böden, die durch Auswurfmaterial vom Imbrium-Einschlag geglättet wurden. Nur in unmittelbarer Nähe des nördlichen Mondrands selbst nimmt die Anzahl der Krater zu, was das Zurechtfinden etwas erschwert.

Auf dem Gipfel des ewigen Lichts

Der Nordpol des Monds liegt am äußeren Rand des 74 Kilometer großen, ziemlich unauffälligen Kraters Peary (L88). Er lässt sich besonders gut in der Zeit um Vollmond beobachten, wenn der Terminator den Nordrand des Monds berührt. Aber auch hier braucht es eine günstige Librationsphase, sonst liegt er für uns unsichtbar auf der Mondrückseite.

Am besten ist Peary zu finden, indem man sich von den überlappenden Zwillingskratern Challis und Main nach Norden zum Krater Byrd hangelt, an dessen nördlichen Rand sich Peary anschmiegt.

Die Lunar Top 100

- 88 **Peary:** Krater am Mondnordpol, sehr schwer zu beobachten
- 94 **Drygalski:** großer Krater in der Südpolregion des Monds
- 96 **Leibnitz-Gebirge:** Rand des Südpol-Aitken-Beckens

Desssen nördlichster Rand liegt immer im Licht, denn die Sonne steht dort stets knapp über dem Horizont. Er heißt daher auch »Gipfel des ewigen Lichts«, doch in Wirklichkeit befindet sich zumindest eine Hälfte von ihm die ganze Zeit im Schatten. Ein drehbares Solarzellensegel auf seinem Gipfel wäre also in der Lage, ununterbrochen Strom zu erzeugen. Das haben auch die Planer zukünftiger Mondbasen erkannt.

In der Umgebung von Peary gibt es aber auch vier Krater, deren Kraterböden konstant im Schatten liegen. Noch mehr sonnenscheinfreies Gelände befindet sich in der Südpolregion des Monds. Schon in den 1960er Jahren äußerten Wissenschaftler die Vermutung, dass seit mindestens einer Milliarde Jahre kein Sonnenlicht mehr dorthin gelangt ist. Das könnte bedeuten, dass es dort riesige Reservoire von Wassereis gibt, die sich im Lauf der Geschichte des Planetensystems durch Einschläge von Kometen abgelagert haben. Die Mondsonden Clementine und Lunar Prospector haben Hinweise darauf geliefert, aber der endgültige Beweis steht noch aus.

Die zweifelsfreie Bestätigung von Wassereis an den Polen des Monds wäre eine aufregende Sache, denn die Szenarien für dessen zukünftige Eroberung gehen vom Abbau des Eises und seiner Nutzung als Trinkwasserreservoir und zur Herstellung von Treibstoff aus.

Für mich klingt das jedoch alles ein bisschen, als wenn man durch das Verbrennen von Büchern die Wohnung heizen wolle. Der Verbrauch dieses Eises zerstört vielleicht wichtige Informationen über die Geschichte unseres Planetensystems, denn der zeitliche Ablauf von Kometeneinschlägen ist in der Schichtung des Eises festgehalten. Hoffentlich lernen wir diese Chance zu nutzen und die im Eis tiefgefrorenen Aufzeichnungen zu lesen, bevor wir sie zerstören. <<

Charles A. Wood lebt zurzeit weit von den Polen entfernt in Nicaragua. Er ist der Autor des Buchs »The Modern Moon: A Personal View« und der »Lunar 100 Card« und betreut zwei Webseiten: Chuck Wood's Moon (http://cwm.lpod.org) und The Lunar Photo of the Day (www.lpod.org).

Mitmachkaleidoskop Im Omnium schillern abstrakte Farbenspiele. Wer seine Hand vor die Kamera hält, wird selbst zu einem Teil des Bilds.

ALLE FOTOS: STEFAN OLDENBURG (SOFERN NICHT ANDERS ANGEGEBEN)

Per Mausklick ins Weltall

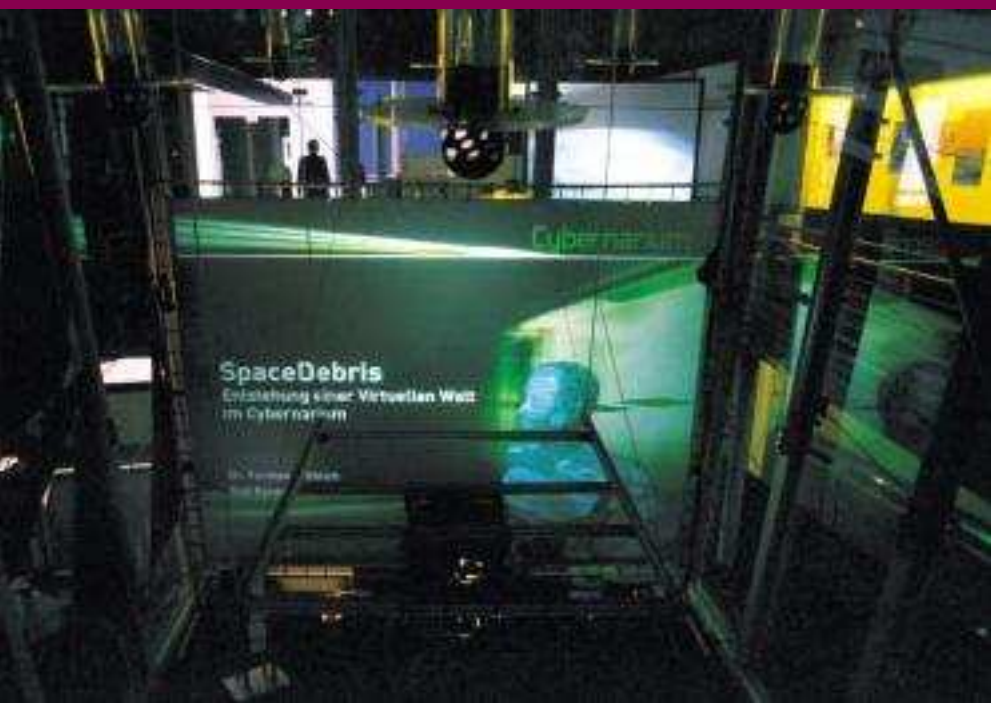
Die Multimedia-Ausstellung »Cybernarium« in Darmstadt zeigt Wissenschaft und neueste Technologien mit Mitteln der virtuellen Realität. Auch für Fans der Astronomie ist einiges dabei.

>> Stephanie Hügler

Eine Erdkugel, die sich dreht, und um sie herum ein irres Gewimmel fliegender Objekte: Im Einsatz befindliche und außer Kontrolle geratene Satelliten, Raketenstufen, einzelne Schrottteile – den Besuchern wird fast schwindelig, wenn sie auf die Leinwand starren, aus der heraus immer wieder einzelne Teile auf sie zufliegen und sie zu treffen drohen. Instinktiv halten sie sich von Zeit zu Zeit die Hände vors Gesicht, um den Aufprall der Trümmer abzuwehren, die scheinbar willkürlich torkeln und deren Flugbahn kaum vorhersehbar scheint.

Wir befinden uns im Cybernarium in Darmstadt und betrachten gemeinsam mit anderen Journalisten das neue Exponat zur Visualisierung von Weltraumschrott (rundes Bild rechts). Alle Besucher sind mit wenig attraktiven, viereckigen 3-D-Brillen ausgestattet, mit denen wir entfernt aussehen wie riesige Insekten, die uns aber ermöglichen, die Objekte dreidimensional wahrzunehmen. Ein bisschen ist es wie im 3-D-Kino, nur dass uns hier kein fertiger Film vorgeführt wird, sondern ein Exponat einer Ausstellung.

Insgesamt neuntausend Flugkörper haben die Kuratoren mit Mitteln modernster Computertechnik virtuell nachgebaut und in ihr Weltraumschrott-Exponat integriert. »Als Grundlage dienten uns verschiedene Modelle«, erläutert Berit Klahsen, die unter anderem mit der technischen Umsetzung des Projekts betraut war: »Wir nahmen im Einsatz befindliche Satelliten wie Astra, Envisat,



CYBERNARIUM

Die Faszination virtueller Welten soll die Multimedia-Ausstellung Cybernarium transportieren. Selbstverständlich existiert auch das Maskottchen Aman nur virtuell.

Galileo oder Iridium, aber auch das Röntgenobservatorium XXM und die Internationale Raumstation ISS.« Hinzu kamen einzelne Schrottteile. Aus Fotos, technischen Zeichnungen und Schemata erstellte sie gemeinsam mit anderen Mitarbeitern Computergrafiken, die zu realistisch erscheinenden Modellen hochgerechnet wurden. Mit Hilfe von Spezialeffekten imitierten sie eine komplexe Umgebung mit Licht, Schatten und Bewegung. Drei Computer setzen die vervielfachten Schrottmodelle schließlich im Exponat so um, dass wir sie dreidimensional wahrnehmen: Zwei Rechner zeigen ein jeweils leicht unterschiedliches Bild, wie es auch unsere Augen tun, und geben diese Ansichten an zwei Projektoren weiter. Ein dritter Rechner mischt die Projektionen dann – ähnlich wie unser Gehirn – zu einem einzigen Bild.

Eingeladen haben uns die Esa, deren Satellitenkontrollzentrum Esoc und das Cybernarium, die dieses Exponat gemeinsam mit dem Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD) nach der internationalen »SpaceDebris«-Konferenz im April entwickelt haben. Wir dürfen uns ihr neues Schmuckstück schon einmal ansehen, bevor es in die Dauerausstellung integriert wird.

»Der Weltraummüll ist ein ernst zu nehmendes Problem«, mahnt Rüdiger Jehn, Beauftragter für Weltraumschrott bei der Esa. Etwa 29 000 katalogisierte Objekte kreisen um die Erde. Teilweise sind dies aktive Satelliten, die Daten über Klima, Ozonloch oder Wetter zur Erde funken. Doch im Lauf der Zeit haben einige solcher Trabanten das Zeitliche gesegnet, sind explodiert oder miteinander kollidiert, und haben Hunderte von Trümmern zurückgelassen.

Gefährliche Geschosse

Auch die Astronauten der Vergangenheit haben einiges zum Weltraummüllproblem beigetragen. Mitunter ließen sie ihre Nägel, Schutzkappen oder Hammer achtlos im All »liegen«. Sogar ein Handschuh, erzählt Jehn verschmitzt, umkreiste zeitweilig die Erde. Kein Mensch weiß, wie es dazu kommen konnte, doch der ehemalige Eigentümer Ed White verlor sein Accessoire offenbar auf einem Weltraumspaziergang während der Gemini-4-Mission im Jahr 1965, und es dauerte etwa einen Monat, bis der Handschuh sich auflöste. In dieser Zeit war er jedoch mit einer Geschwindigkeit von 28 000 Kilometer pro Stunde das sicher gefährlichste Textil der Geschichte …

Auch andere kleine, verhältnismäßig harmlose Teile können gewaltigen Schaden anrichten, wenn sie mit hohen Relativgeschwindigkeiten von mehreren tausend Kilometern pro Stunde aufeinander treffen. Selbst ein winziges Alukügelchen wird dann zum zerstörerischen Geschoss.

Eine Gefahr bildet der Schrott vor allem im geostationären Ring. In 36 000 Kilometer Höhe umlaufen Objekte die Erde genauso schnell, wie diese sich dreht. So scheinen sie stets am selben Punkt über der Erdoberfläche zu stehen. Objekte bleiben hier für Jahrmillionen erhalten, >

Wirres Gewusel Dreidimensional projiziert, schwirrt der Weltraumschrott um die Erde – und vom Blauen Planeten ist fast nichts mehr zu sehen.

Erst die 3-D-Brille macht die Ausstellung zum wahren Erlebnis: Mit ihrer Hilfe reist der Besucher zu Sternen und Galaxien.

> denn oberhalb der Atmosphäre fehlt jegliche Reibung, die den Weltraummüll sonst früher oder später auflösen würde oder auf die Erde abstürzen ließe. Nur mit kostspieligen Ausweichmanövern können aktive Satelliten Kollisionen ausweichen. Und auch wenn die Gefahr für uns Erdbewohner nach Auskunft Jehns nicht allzu groß ist, treffen hin und wieder Teile auf die Erde auf, wie etwa Skylab im Juli 1979 und Teile von Salyut 7 und Kosmos 1688 im Februar 1991.

Das neue Weltraumschrott-Exponat ist Teil des interaktiven Planetariums, das zu den Glanzstücken im Cybernarium gehört: Im Gegensatz zu einem gewöhnlichen Planetarium erscheint hier mit Hilfe der 3-D-Brille alles dreidimensional, sodass man glaubt, die Sterne vor der Nase greifen zu können.

Segeln auf Saturns Ringen

Zwar kann das interaktive Planetarium nicht mit der ausgefeilten Projektionstechnik mithalten, die andernorts zum Einsatz kommt. Doch dafür bestimmt der Besucher selbst, wohin die Reise gehen soll: Auf einem Sensorbildschirm wählt er sein Ziel, etwa Jupiter und dessen pockennarbigen Begleiter Io oder Saturn, und schon fliegt er los, segelt etwa vom Mond Pan an Saturns Ringen entlang immer rundherum um den Gasriesen. Dabei ist die Reise nicht auf unser Sonnensystem beschränkt. Per Mausklick landet man wahlweise auch beim Ringnebel M 57 in der Leier, bei den Plejaden im Stier oder beim roten Überriesen Beteigeuze, der plötzlich groß, rund und gelb erscheint wie ein gigantischer Vanillepudding und auf dem wir sogar Flares und Sonnenflecken erkennen können.

Es ist ein ungewöhnliches Museum, dieses Cybernarium, eines, das selbst unwirsche Teenager hinter der X-Box hervorholen könnte. Lernen als Erlebnis zu gestalten – diese Devise steckt hinter dem Konzept des Cybernariums. In einer Zeit, in der lebenslanges Lernen zum Alltag gehört, soll das Cybernarium als Informationszentrum dem selbstbestimmten und informellen Lernen dienen. Denn »wer selbst ausprobiert und entdeckt, lernt in seiner Freizeit beiläufig Wichtiges«, so steht es in einer Ausstellungsbroschüre.

Hinter diesem Satz steckt letztlich eine Erkenntnis, die jeder gute Pädagoge beherzigt, wenn er seine Botschaften langfristig vermitteln will: Vor allem solche Inhalte bleiben im Gedächtnis, die mit Emotionen und Erfahrungen verknüpft sind: »Wir verstehen uns als so genanntes Edutainment-Center«, so Brigitte Morgenroth, verantwortlich für Öffentlichkeitsarbeit im Cybernarium. »An der Schnittstelle von Wissenschaft und Alltag bringen wir mit Hilfe unserer Exponate den Besuchern die Faszination der Wissenschaft nahe.«

Daher haben die Macher auf über sechshundert Quadratmetern insgesamt 14 Stationen errichtet, die modernste Technologien der virtuellen und erweiterten Realität nutzen. Kaum ein naturwissenschaftlicher Bereich fehlt: Ob Biologie, Technik oder Chemie – zu jedem dieser Fächer haben sich die Kuratoren etwas einfallen lassen, und auch die Geisteswissenschaften sind vertreten.

So visualisiert etwa ein Exponat eine virtuelle Führung durch den Dom von Siena. Ein computergenerierter Fremdenführer zeigt den Besuchern die wichtigsten Attraktionen und Kunstschätze. Und das »Handbuch der Zukunft« zeigt per Computer, wie man ein bestimmtes Teil in eine Autotür einsetzt. Eine gute Idee für Menschen, die sich nicht gern mit dicken Bedienungsanleitungen herumschlagen.

Wer sich gern schönen Bildern hingibt, auf den wartet das »Omnium«, eine Spielerei mit Fraktalen (Foto S. 48): Vor dem Besucher steht ein riesiges Kaleidoskop, dessen Muster sich scheinbar unendlich in unterschiedlichsten Variationen wiederholen, sich auflösen und wieder zu neuen Linien, Flächen, Strukturen, Rauten und Quadraten zusammenfinden, um kurz darauf in einem Farbenspiel zu zerfließen.

Selbst Teil der Ausstellung werden

Auch dieses Exponat ist interaktiv angelegt. Sobald der Zuschauer beispielsweise einen Arm vor die Kamera hält, wird dieser Teil des Bilds. Doch die Kreativität des Fraunhofer IGD und der Cybernariumsmitarbeiter hat ihre Schattenseiten: Auch die Mitarbeiter müssen mit den technischen Spielereien leben. So wird aus einer milchig-undurchsichtigen Wand im Ausstellungsraum per Schalterklick schnell eine durchsichtige Glasfläche, die den Blick direkt auf die Schreibtische der Mitarbeiter erlaubt. Es ist wie in einem Fernsehkrimi, in dem die Kommissare die Delinquenten bei der Vernehmung ohne deren Wissen beobachten. Der gläserne Mitarbeiter – im Cybernarium ist diese Zukunftsvision bereits Realität geworden. Doch die Angestellten tragen es gelassen: »Wir haben uns schon alle an diese Wand gewöhnt«, lacht Brigitte Morgenroth. <<

Stephanie Hügler arbeitet als freie Wissenschaftsjournalistin in Heidelberg und fühlte sich mit der 3-D-Brille wie ein übergroßes Insekt.

Profis, Amateure und andere

So mancher Sternfreund machte in der Vergangenheit sein Hobby zum Beruf. Doch der Weg in die Wissenschaft ist steinig.

>> Rudolf Kippenhahn

Es ist schon ein buntes Völkchen, dem wir unser Wissen von den Sternsystemen verdanken. Einer war Organist, dem gelegentlich seine Schwester, eine Konzertsängerin, half. Dann kam ein Zeitungsreporter, der mit einem Lehrer für alte Sprachen im Clinch lag. Ein Amateurboxer, von Beruf Jurist, erklärte uns schließlich die wichtigsten Eigenschaften der Galaxien – und ein Maultiertreiber half ihm dabei.

Ich meine die Astronomen Wilhelm Herschel (1738–1822), Harlow Shapley (1885–1972), Heber Curtis (1872–1942) und Edwin Hubble (1889–1953). Die beiden »Helfer« waren Caroline Herschel (1750–1848) und Milton Humason (1891–1971). Letzterer lieferte zuerst Lebensmittel zur Sternwarte auf dem Mount Wilson bei Los Angeles, bevor er zum dortigen Hausmeister avancierte und schließlich als Forscher das damals größte Teleskop der Welt bedienen durfte.

Als Schüler bei Hoffmeister

Man könnte glauben, wenn so viele Laien in der astronomischen Forschung eine Rolle spielen, könnte nahezu jeder, der an den Sternen Interesse hat, Entscheidendes hervorbringen. Doch alle zuvor genannten Personen genossen nach ihrem ersten Beruf noch eine solide Ausbildung in Astronomie, Physik und Mathematik, meist an einer Universität.

Natürlich leisten gelegentlich auch Laien wichtige Beiträge zur Wissenschaft. Gerade in der Astronomie sind es die Amateure, die mit ihren verhältnismäßig kleinen Fernrohren, aber mit großer Ausdauer den Fachastronomen Arbeit abnehmen und wichtige Hinweise liefern. So entdecken sie oft Kometen, ehe sie den Profis auffallen, und finden noch immer die meisten Supernovae.

Manchmal werden aus Amateuren sogar Profis. Dazu zählen Wilhelm Herschel, der Musiker aus Hannover, und der Bremer Arzt Wilhelm Olbers (1758–1840), Entdecker der Planetoiden Pallas und Vesta. Mich persönlich bewegt das Schicksal von Cuno Hoffmeister (1892–1968) am meisten. Der Sohn eines Spielwarenfabrikanten im thüringischen Sonneberg begeisterte sich schon sehr früh für die Sternkunde. Doch der Vater drängte den jungen Amateurastronomen zu einer Kaufmannslehre, damit er später den väterlichen Betrieb übernehmen könne. Letztlich siegte aber die Liebe zu den Sternen: Als die Firma des Vaters im Ersten Weltkrieg Bankrott ging, sah der junge Mann endlich die Möglichkeit, seinem Herzenswunsch nachzugehen. Im Alter von 28 Jahren holte er das Abitur nach und studierte in Jena Astronomie. Danach baute er mit privaten Mitteln in seiner Heimatstadt eine Sternwarte. Die Arbeitsgebiete, die der nun zum Profiastronomen gewandelte Hoffmeister dort in Angriff

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Wilhelm Herschel ließ sich bei vielen seiner Beobachtungen von seiner Schwester Caroline assistieren.

ARCHIV DER STERNWARTE SONNEBERG

Cuno Hoffmeister an der Sonneberger Sternwarte bei der Suche nach neuen veränderlichen Sternen

nahm, waren genau dieselben, mit denen er sich schon als Amateur beschäftigt hatte: Meteore und veränderliche Sterne, von denen er an die 10000 entdeckte. Darunter HZ Herculis, dessen Begleiter sich im Jahr 1971 als Röntgenquelle herausstellte.

Ich selbst habe als Schüler zweimal während der Sommerferien an Hoffmeisters Sternwarte gejobbt. Dabei gewann ich Lichtkurven von so genannten Mirasternen aus dem berühmten Sonneberger Plattenarchiv, die damals im Zirkular des Astronomischen Recheninstituts Babelsberg veröffentlicht wurden. Außerdem zeigte mir Hoffmeister, wie ich aus meinen Beobachtungen der Perseiden im Sommer 1944 die Bahn des zugehörigen Kometen bestimmen konnte. Bereits ein Jahr zuvor hatte er mir den Rat gegeben, in die Astronomie zu gehen, woran ich mich wieder erinnerte, als ich nach der Promotion die Mathematik verließ.

Heutzutage ist es nahezu unmöglich, in der Naturwissenschaft Bahnbrechendes zu leisten, ohne sich in jahrelangem Studium in die Materie einzuarbeiten. Wer etwa in der Physik etwas Neues hervorbringen will, muss auch fit in höherer Mathematik sein, die weit über das Abiturwissen hinausgeht.

Mir fallen im Augenblick spontan nur zwei Menschen ein, die in diesen Fächern als Quereinsteiger etwas Wesentliches hervorgebracht haben: Im 19. Jahrhundert formulierte der Heilbronner Arzt Julius Robert Mayer (1814–1878) den Satz von der Erhaltung der Energie. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts tauchte in Indien der Mathematiker Srinivasa Ramanujan (1887–1920) auf, der nie ein Universitätsexamen bestand, der Nachwelt aber viele mathematische Lehrsätze hinterließ, die alle richtig waren.

Auch Laien versuchen oft, mit eigenen Ideen grundlegende Erkenntnisse der modernen Forschung zu widerlegen. Wissenschaftliche Institute und Zeitschriften werden mit Manuskripten überhäuft, in denen sie glauben, die Relativitätstheorie widerlegt oder eine neue Kosmologie gefunden zu haben. Ich bekomme ständig Texte mit der Bitte um Prüfung unverlangt zugesandt, manchmal zwei pro Tag. Grundsätzlich arbeite ich mich durch keines dieser Traktate hindurch, denn würde ich mich jedem widmen, müsste ich alle meine Zeit darauf verwenden.

Lösungen von mathematischen Problemen wie der Dreiteilung des Winkels oder der Quadratur des Kreises werden immer wieder neu erfunden, obwohl deren Unmöglichkeit längst bewiesen ist. Charakteristisch für diese Arbeiten ist, dass sie sich meist auf populäre Schriften und nicht auf die Originalliteratur beziehen. Angesehene Fachzeitschriften nehmen solche Arbeiten nicht an. Daraus schließen die Autoren aber meist nicht, dass ihre Arbeit falsch sein könnte. Stattdessen argwöhnen sie, dass die Fachwissenschaftler zusammenhalten, um Außenstehende nicht hochkommen zu lassen. Wer das Geschehen in der Wissenschaft aber kennt, weiß, dass von einem engen Schulterschluss der Forscher keine Rede sein kann. Wissenschaftler sind nicht besser als andere Menschen. Auch sie stehen miteinander im Wettbewerb. In jungen Jahren gilt es, angesehene Positionen zu erlangen, später dann, das eigene Ansehen und das der Mitarbeiter zu mehren. Stieße ein Forscher auf die geniale Leistung eines Laien, würde er sofort auf diesen Wagen springen, um zusammen mit dem Entdecker Ruhm und Ehre zu ernten.

Uns Profiwissenschaftlern sind die vielen von Laien verfassten und unaufgefordert eingesandten Manuskripte manchmal lästig. Wir dürfen aber nicht hochmütig urteilen. Auch wenn ich aus Zeitgründen auf ihre Einsendungen nicht antworte, so habe ich doch großes Verständnis für sie, denn schließlich werden auch sie vom unstillbaren Verlangen getrieben, Neues über die Natur herauszufinden. Sie opfern dabei nicht nur wertvolle Lebenszeit, sondern oft auch nicht unerhebliche Teile ihres Vermögens für ihre Ideen. Aus unterschiedlichen Gründen hatten sie nie Gelegenheit, jahrelang zu studieren und die schmerzliche Erfahrung zu machen, dass das meiste, was einem so einfällt, sich nach kurzer Zeit als Unsinn herausstellt. Dabei lernt man Selbstkritik. Wem ein Lehrsatz in einem Buch oder in einer Veröffentlichung rätselhaft erscheint, der sollte daraus nicht gleich schließen, dass der Satz falsch ist. Wahrscheinlich hat er ihn nur nicht richtig verstanden. Mir selbst ging das sehr oft so.

Vor mehr als einem halben Jahrhundert glaubte der Osnabrücker Patentanwalt Godfried Bühren herausgefunden zu haben, dass die Sonne in ihrem Innern kalt und nur an der Oberfläche heiß sei. Er stiftete einen Preis für den Beweis des Gegenteils. Eine im Innern kalte Sonne widerspricht aber den Regeln der Wärmelehre. Eine Gruppe der Astronomischen Gesellschaft konnte den gewünschten Beweis leicht erbringen. Das Preisgeld floss in einen Förderfonds, aus dem Jahr für Jahr Reisen junger Wissenschaftler bezahlt werden. Wer also immer in den Genuss einer solchen Reisebeihilfe kommt, sollte daran denken, dass er das Geld einem erfolgreichen Anwalt verdankt, der allerdings mit der Thermodynamik auf Kriegsfuß stand. <<

»Ich habe großen Respekt vor den Laien, denn auch sie sind von dem unstillbaren Verlangen getrieben, Neues über die Natur herauszufinden«
(Rudolf Kippenhahn)

Rudolf Kippenhahn ist Schriftsteller und lebt in Göttingen.

Herr der Blitze Die Kugel enthält Gas, das unter hoher elektrischer Spannung steht. Durch Handauflegen lassen sich die Entladungen lenken.

DPG / ISERUNDSCHMIDT

Einstein trifft Mister Spock

Raketentests, gekrümmte Räume und die Technik des Raumschiffs Enterprise – die »Highlights der Physik« in Berlin boten Wissen und Unterhaltung. **>> Frank Schubert**

Auf dem Platz herrscht gespannte Ruhe. Alle warten auf den Start. Schließlich ist es so weit: Mit scharfem Zischen saust die Rakete in die Luft, dreht einen ausgedehnten Looping – und knallt gegen eine Hauswand. Zerschmettert fällt sie zu Boden. Die Zuschauer stöhnen.

Wieder tritt ein Team an die Startrampe. Seine Rakete ist über einen Meter hoch. Ein brummender Kompressor drückt Luft in das Fluggerät, bis der Innendruck fünf Bar misst. Dann kommt der kritische Moment. Der Chefkonstrukteur zieht eine Leine – und die ganze Konstruktion kippt um und schlittert fauchend in Richtung Publikum. Gut, dass ein Straßenpoller im Weg steht!

Wir sind auf den »Highlights der Physik«, einem Physikfestival, das vom 13. bis 18. Juni in Berlin stattfand. Veranstalter waren die Deutsche Physikalische Gesellschaft, das Bundesministerium für Bildung und Forschung und die Klaus-Tschira-Stiftung. Die Besucher konnten eine Physikausstellung begehen, hochkarätig besetzte Wissenschaftsvorträge hören und an spannenden Experimenten teilnehmen. Zahlreiche Gäste, darunter Exastronaut Ulf Merbold, reisten an.

Zum Programm gehörte auch der Schülerwettbewerb »explore physics«. 800 Abc-Schützen aus ganz Deutschland kamen, um sich an verschiedenen physikalischen Herausforderungen zu messen. Unter anderem ging es darum, eine Rakete zu bauen, die möglichst hoch fliegt. Als Treibstoff war Wasser erlaubt, das durch Druckluft nach unten heraus-

gepresst wird. Die Schüler konstruierten ihre Fluggeräte auf sehr unterschiedliche Weise, eine nahe liegende Grundform schien dennoch durch: Die meisten Raketen bestanden aus umfunktionierten Colaflaschen.

Am Tag des Wettkampfs offenbarten sich die Tücken der Flugstabilisierung. Viele Eigenbauvehikel stiegen nicht wie geplant in die Höhe, schlugen stattdessen überraschende Haken und verblüfften durch kurvenreiche Manöver. Es ist eben nicht leicht, so ein schnaubendes Monster unter Kontrolle zu halten. Einige Schülerteams traten jedoch mit erstaunlich ausgereiften Konstruktionen an. Ihre Raketen wurden durch schräge Steuerflügel in Rotation versetzt oder hatten lange Ausleger, die den Schwerpunkt weit unter die Düse verlagerten. Solcherlei Erfindungsgeist lohnte sich: Die entsprechenden Vehikel schnellten kerzengrade empor und erreichten schwindelnde Höhen. Der Rekord: 113 Meter, erreicht von einer Eigenbaurakete auf Basis einer russischen Bierflasche.

Seltsame Zeitphänomene

Nebenan lief die Physikausstellung. Auch sie hatte Spannendes zu bieten. Der Besucher konnte sich unter anderem mit einem GPS-basierten Navigationsgerät auf Schatzsuche begeben. Das Gerät ermittelte die derzeitige Position auf Zentimeter genau, allerdings nur, wenn mehrere Satelliten im Blickfeld des Empfängers waren. Schon im Schatten eines Baums war das manchmal nicht gegeben, und die Genauigkeit sank auf mehrere Meter.

»Bei GPS-Satelliten wirkt Einsteins Relativitätstheorie gleich doppelt«, erklärte der Physikstudent Niels Majer von der Technischen Universität Berlin. »Einerseits vergeht die Zeit an Bord der Satelliten langsamer als auf der Erde, weil diese eine große Geschwindigkeit haben – ein Effekt der Speziellen Relativitätstheorie. Andererseits vergeht die Zeit dort schneller, weil Körper im Orbit einen geringeren Schwerefeldeinfluss spüren als auf der Erdoberfläche – ein Effekt der Allgemeinen Relativitätstheorie.« Beide Phänomene kompensieren sich, aber nicht vollständig: Die Gravitationswirkung überwiegt. Uhren an Bord von Satelliten laufen insgesamt also schneller als auf der Erdoberfläche.

Würden die Ingenieure das nicht berücksichtigen, dann gäbe es keine exakte Ortsbestimmung mit GPS. Denn das GPS-Gerät ermittelt seine Position, indem es den Zeitunterschied misst, mit dem Funksignale verschiedener Satelliten bei ihm eintreffen. Das funktioniert nur, wenn alle beteiligten Uhren synchron laufen. »Die Atomuhren auf den Satelliten werden mit einer etwas geringeren Frequenz getaktet als Atomuhren auf der Erde. Uns auf der Erde erscheint es dann, als gingen beide synchron«, so Majer. Unter Benutzung weiterer technischer Hilfsmittel kann man die GPS-Navigation immerhin so optimieren, dass man damit einen Buchstaben auf einem Straßendeckel findet – wir haben es getestet!

Am Abend hielt der Physiker Hansjörg Dittus einen Vortrag zum Thema Schwerkraft. »Noch im 17. Jahrhundert wussten die Leute nicht, ob nach oben geschossene Kanonenkugeln irgendwann wieder herunterfallen«, begann er sein Referat und machte so deutlich, dass unser Wissen über die Gravitation gerade einmal 300 Jahre alt ist. Er arbeitet am Zentrum für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation der Universität Bremen.

»Sonnensysteme, Galaxien, Galaxienhaufen und Superhaufen – alles wird auf rätselhafte Weise von der Schwerkraft zusammengehalten«, so Dittus. Das älteste mathematisch formulierte Gravitationsgesetz sei das von Isaac Newton, das dieser 1686 veröffentlichte. Anfang des 20. Jahrhunderts beschrieb Albert Einstein in der Allgemeinen Relativitätstheorie die Gravitationskraft als Folge der Raumkrümmung um Massen.

Einsteins Theorie sagt viele Effekte vorher, die man im Experiment nachweisen oder sogar für Messzwecke ausnutzen kann. Für die Astronomie ist zum Beispiel die Lichtablenkung in gekrümmten Räumen von Bedeutung: Laufen Lichtstrahlen an massereichen Objekten vorbei, dann verbiegen sich ihre Bahnen auf Grund der Raumkrümmung. Ein Phänomen, das sich Astronomen seit Kurzem zu Nutze machen, um ferne Exoplaneten aufzuspüren.

Und ab! Beim Schülerwettbewerb »explore physics« wetteiferten die Abc-Schützen darum, eine Rakete zu bauen, die möglichst hoch fliegt. Zahlreiche Teams gingen an den Start. Der Rekord: 113 Meter.

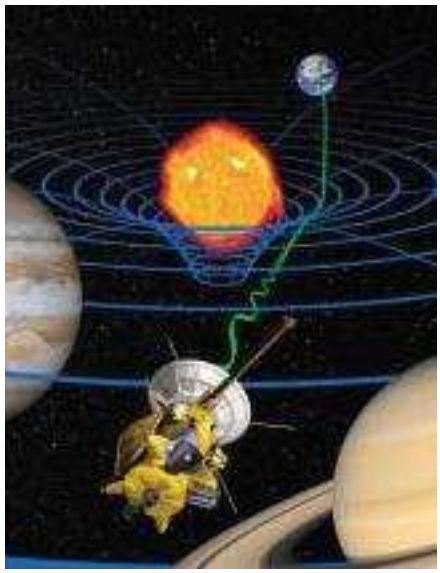
Die Cassini-Sonde der Nasa hat diesen Effekt vor etwa anderthalb Jahren auf ein tausendstel Prozent genau bestimmt. Cassini, die jetzt um den Saturn kreist, beobachtete die Erde, als diese von der Sonde aus gesehen hinter der Sonne verschwand. Wie erwartet, »rutschte« die Erde ein Stück von der Sonnenscheibe weg, kurz bevor sie dahintertauchte.

Dreiecksbeziehung im All

Ein weiteres Experiment, so Dittus, soll die Lichtablenkung im gekrümmten Raum künftig noch viel genauer messen – die Lator-Mission (Laser Astrometric Test of Relativity). Sie sieht vor, zwei Satelliten, je 300 Millionen Kilometer von der Erde entfernt, um die Sonne kreisen zu lassen. Zwischen ihnen und der Internationalen Raumstation ISS laufen Laserstrahlen hin und her. Die Bahnen der Satelliten werden so gewählt sein, dass diese aus irdischer Perspektive von Zeit zu Zeit hinter der Sonne verschwinden.

Sobald sich unser Zentralgestirn zwischen die Raumstation und einen Satelliten schiebt, wird die Bahn des Lasers durch die Raumkrümmung verbogen und seine Laufzeit verlängert. Diesen Effekt wollen die Forscher messen. Der Clou besteht darin, dass die Lator-Satel- >

DPG / ISERUNDSCHMIDT



LINKS: THE BOEING COMPANY; RECHTS: NASA

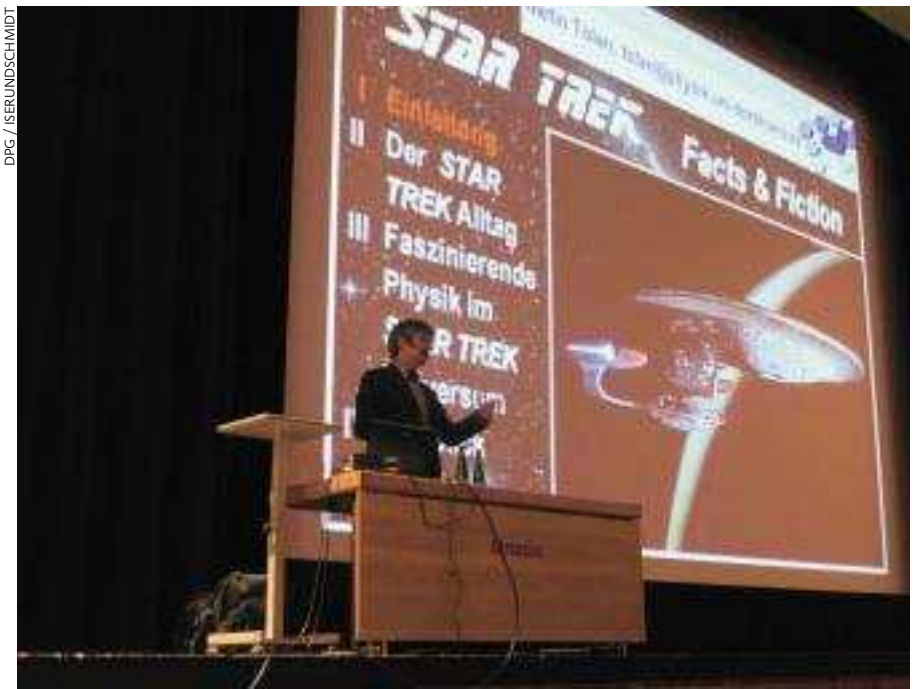
Bei GPS-Satelliten (links) wirkt Einsteins Relativitätstheorie gleich doppelt. Einerseits gehen ihre Uhren wegen der großen Geschwindigkeit langsamer, andererseits wegen der geringeren Schwerkraftwirkung schneller als auf der Erde. Die Cassini-Sonde der Nasa (rechts) untersuchte im Jahr 2003 die Lichtablenkung im gekrümmten Raum.

> liten mit der Raumstation ein Dreieck bilden. Dadurch können die Wissenschaftler eine Triangulation (Dreiecksberechnung) anwenden und die Laufzeitverlängerung des Lasers mit bislang unerreichter Genauigkeit bestimmen. Die Lator-Mission sollte ursprünglich 2008 starten, aber die neuen Raumfahrtpläne der Bush-Regierung haben das durchkreuzt. Diese Pläne sehen vor, die Grundlagenforschung zurückzufahren, damit Geld für bemannte Mond- und Marsmissionen frei wird. Der Starttermin für Lator ist nun ungewiss.

Sturz ins Leere

»Ich möchte auf noch einen Effekt eingehen, den Sie alle kennen – das Äquivalenzprinzip der Massen«, fuhr Dittus fort. Das Äquivalenzprinzip besagt, dass alle Körper im Schwerefeld gleich schnell fallen, egal wie schwer sie sind oder aus welchem Material sie bestehen. Physiklehrer in der Schule zeigen dies meist, indem sie eine Feder und ein Bleigewicht im luftleeren Raum nach unten fallen lassen. Die Schüler sind dann jedes Mal verblüfft, dass beide gleich schnell in die Tiefe sausen. Ausgefuchste Experimente haben das Äquivalenzprinzip schon auf die zwölfte Stelle hinterm Komma genau bestätigt, aber das reicht den Physikern nicht. »An Bord von Satelliten können wir es noch viel exakter machen, weil Satelliten sich ständig in der Schwerelosigkeit, also im freien Fall, befinden«, erklärte Dittus.

Daher soll im Jahr 2008 die Satellitenmission Microscope (Micro-Satellite à traînée Compensée pour l'Observation du Principe d'Equivalence) starten. Ihr Prinzip ist einfach. Der Satellit soll zwei unterschiedliche Körper an Bord haben: einen aus Titan, einen aus Platin. Fällt einer schneller als der andere, ist das Äquivalenzprinzip also verletzt, dann führt das zu einer Verschiebung der beiden Körper zueinander. »Allerdings müssen wir beachten, dass Satelliten nicht ideal fallen – Spuren der Erdatmosphäre bremsen sie langsam ab«, gab Dittus zu bedenken. Um den Geschwindigkeitsverlust exakt auszugleichen, planen die Forscher den Einsatz von Ionentriebwerken, die einzelne Ionen auswerfen. »Dadurch können wir die Beschleunigung des Satelliten auf 10^{-14} m/s^2 genau kontrollieren. Ihr Auto bräuchte 8,8 Millionen Jahre, um damit von null auf hundert zu kommen«, so Dittus. Eine derart sensible Steuerung erlaubt es den Physikern, das Äquivalenzprinzip auf die 15.



DPG / ISERUNDSCHMIDT

Visionär? Der Physiker Metin Tolan (rechts) untersucht, wie realistisch Star-Trek-Filme sind. Android »Data« (ganz rechts) zum Beispiel verfügt im Film über eine Speicherkapazität, die Heimcomputer schon heute erreichen.

Stelle hinterm Komma genau zu überprüfen.

Wissenschaft der etwas anderen Art bot der Physiker Metin Tolan von der Universität Dortmund. Er sprach zum Thema »Star Trek – Fakten und Fiktion«. Also: Wie realistisch sind die Raumschiff-Enterprise-Filme? Der Physiker berichtete Erstaunliches. Bei der ersten Star-Trek-Fernsehserie aus den 1960er Jahren hätten die Produktionskosten bei 185 000 Dollar pro Folge gelegen. Dazu Tolan: »Was glauben Sie: Wie viel davon haben die Produzenten in die wissenschaftlich-technische Beratung gesteckt? Ganze fünfzig Dollar!« Die Serie, die die Welt des 23. Jahrhunderts darstellt, galt damals als gewagte Zukunftsvision, doch überraschenderweise blieb sie in vielen Bereichen hinter der Realität zurück.

In einer Szene ist ein Crewmitglied zu sehen, das mit 3,5-Zoll-Disketten arbeitet. So stellte man sich damals die Speichermedien in zweihundert Jahren vor! Eine viel zu zaghafte Prognose: Bereits heute gehören 3,5-Zoll-Disketten zu den aussterbenden Technikspezies. Eine andere Folge aus den 1980er Jahren zeigt die Menschmaschine »Data« in einer Szene, in der sie ihre technischen Daten beschreibt. Data schildert, dass sein Erinnerungsspeicher hundert Gigabyte umfasst – damals eine fantastisch anmutende Zahl, heute als Festplatte in fast jeden Heimcomputer eingebaut. Die Rechengeschwindigkeit, die Data im Film aufzubringen vermag, werden echte Computer bereits in 15 Jahren erreichen. Star Trek stellt Data aber als Maschine des 24. Jahrhunderts vor! »Wir sehen, dass selbst kühne Visionen manchmal überraschend schnell von der Wirklichkeit überholt werden«, so Tolan.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Und wie steht es mit der berühmtesten Star-Trek-Erfindung, dem »Beamen«, also dem Transport von Personen oder Gegenständen, indem diese in ihre (sub)atomaren Bestandteile zerlegt und an einem anderen Ort wieder zusammengesetzt werden? Tolan: »Unlängst ist es Physikern gelungen, Information überlichtschnell zu teleportieren, und zwar mit Hilfe verschränkter Quantenzustände. Wenn Sie so wollen, kann man das als eine Art Beamen bezeichnen.«

Vernichtung erwünscht

Mit dieser Methode lassen sich auch Informationen über die Struktur von Materie übertragen. Theoretisch sei es auf diese Weise möglich, einen Gegenstand oder ein Lebewesen hundertprozentig deckungsgleich zu kopieren. »Sie müssen sich das ähnlich wie ein Fax vorstellen, nur komplizierter«, erklärte der Physiker, »wir transportieren die Strukturinformation von A nach B und setzen in B eine absolut identische Kopie des Originals zusammen. Aus physikalischen Gründen muss das Original dabei zerstört werden.« Was durchaus praktisch ist, denn wer möchte schon mehrfach existieren?

Gibt es also irgendwann Beamgeräte wie auf dem Raumschiff Enterprise? »Sicher nicht«, so Tolan, »der Aufwand wäre viel zu hoch.« Schließlich müsste die gesamte Strukturinformation, die im menschlichen Organismus steckt – eine unvorstellbare Menge – in angemessener Zeit über verschränkte Quantenzustände teleportiert werden. Da täten sich unüberwindliche Schwierigkeiten auf.

Am Ende brachte er ein eindrucksvolles Beispiel dafür, welchen Wert Zukunftsprognosen manchmal haben. Er projizierte eine Vorhersage aus dem Jahr 1954 auf die Leinwand, wie ein Heimcomputer im Jahr 2004 wohl aussehen wird. Durch das Publikum ging ein belustigtes Raunen. Das Bild zeigte eine gewaltige Maschine von der Größe einer Schrankwand, auf der Vorderseite zahlreiche Schalter, Lampen, Zifferblätter und Schieberegler. Die Mitte der Armatur zierte ein großes Steuerrad. <<

Frank Schubert hätte sich zu den »Highlights der Physik« gern nach Berlin gebeamt – musste dann aber doch mit dem Auto vorlieb nehmen.

Große Auswahl, kompetente Beratung, guter Service!

Aber damit geht es bei uns erst los! Bevor wir zu einem bestimmten Kauf raten, wollen wir sicher sein, Ihnen auch wirklich das Optimum des Verfügbaren in Bezug auf Ihre Bedürfnisse, Größe, Transportabilität, Qualität und Preis aus der Vielzahl der Marktanbieter herausgesucht zu haben. Wir stellen auf Wunsch das Instrument nicht nur auf, sondern wir weisen ein, beraten beim Zubehör, geben Ihnen Beobachtungstipps, ja wir beobachten auf Wunsch sogar mit Ihnen, um Ihnen den Einstieg in Ihr neues Hobby so angenehm und so einfach wie nur möglich zu machen.

Und wenn's denn eine eigene Sternwarte sein soll, haben wir auch die passenden Beobachtungs-Kuppeln dazu. Von 2,3m über 3,2m bis 4m als preisgünstige Standardmaße und darüberhinaus als Sonderanfertigung bieten wir unsere Kuppeln nun bereits seit vielen Jahren in Europa an. GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) als aus dem Bootsbau bekanntes und bewährtes Material bietet sich für Kuppeln ideal an. Unsere GFK Astro-Kuppeln sind mehrteilige, verwindungssteife und formschöne Kuppelkonstruktionen aus Glasfaser-Polyesterkunststoff mit einem Kopf-über-Schiebetor und einer Ausstell-Horizontklappe (Größen ab 5m können alternativ mit seitlich verschiebbaren Toren hergestellt werden – wie zB. „Mount Palomar“).

Profitieren Sie von der über 20-jährigen Erfahrung unserer Mitarbeiter, sprechen Sie mit unseren Fachkräften und vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin in unserem Ausstellungsraum. Wir freuen uns darauf, Sie bei uns begrüßen zu dürfen!

Viele weitere interessante Produkte sowie eine aktuelle Schnäppchenliste mit günstigen Angeboten finden Sie im Internet unter **www.astrocom.de**!

ASTROCOM

ASTROCOM GmbH/Abt. 3 • Lochhamer Schlag 6
D-82166 GRÄFELFING bei MÜNCHEN
☎ ☺ (089) 8583 660 • Fax (089) 8583 6677
eMail: service@astrocom.de • www.astrocom.de

SZENE

Hawaii – das größte Auge der Menschheit

Die Trauminsel im Pazifik ist ein Paradies für Astronomen: Fasziniert stand ich unter dem tiefschwarzen, klaren Nachthimmel und vor den riesigen Keck-Teleskopen. **>> Daniel Weitendorf**

Es gibt keinen Schnee auf Hawaii, sollte man meinen. Immerhin liegt die als 50. Bundesstaat zu den USA gehörende Inselgruppe zwischen dem 20. und dem 22. nördlichen Breitengrad, also etwa auf Höhe Indiens und damit in tropischen Gefilden. Doch neben wunderbaren Stränden, üppigen Regenwäldern und grandiosen, unberührten Vulkanlandschaften besitzt Hawaii auch einen der höchsten Berge der Welt: Der 4205 Meter hohe Mauna Kea ist ein seit etwa 3500 Jahren erloschener Vulkan. Die Strecke bis zum Meeresboden hinzugezählt, misst er 9900 Meter und überragt damit den Mount Everest. Sein Name bedeutet »Weißer Berg«, denn der Gipfel ist meist mit Schnee bedeckt. Auf eben diesem Gipfel haben Astronomen einige der größten und leistungsfähigsten Teleskope der Welt errichtet.

Mein großer Traum war schon immer, den Himmel über Hawaii in dieser Höhe einmal selbst zu erleben. Dieser Traum sollte nun im Frühjahr 2005 Wirklichkeit werden.

Zwischen Klischee und Realität

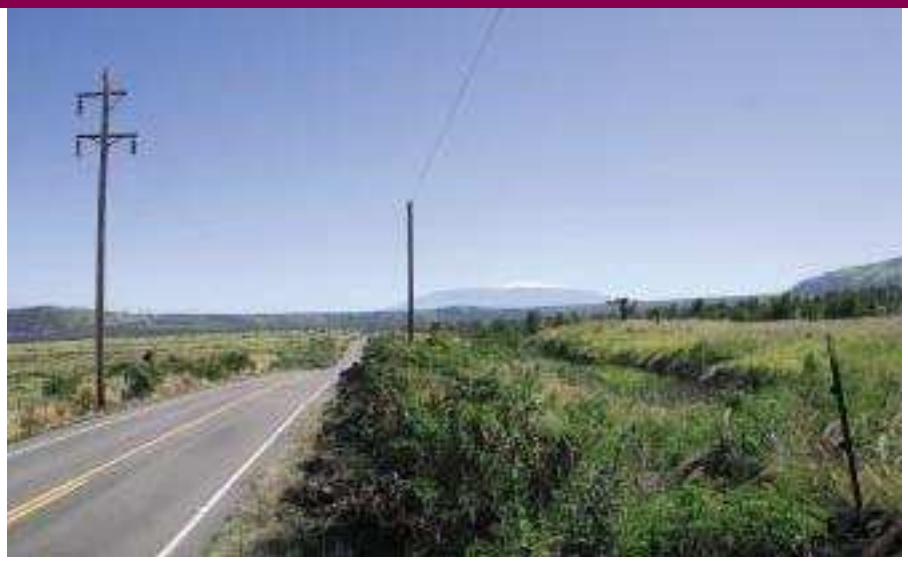
Nach umfangreichen Recherchen entschied ich mich gegen eine organisierte Tour zum Observatorium auf Big Hawaii. Das stellte sich als richtige Entscheidung heraus, da meine Interessen als Amateurastronom mit Sicherheit andere sind als die eines normalen Touristen. Reisegruppen bleiben maximal bis zum Sonnenuntergang auf dem Gipfel. Ich wollte dort oben aber den Nachthimmel erleben. Warme Kleidung hatte ich natürlich im Gepäck.

Mit einem Vier-Zoll-Schmidt-Cassegrain, einem Feldstecher und meiner Fotoausrüstung trat ich die 22-stündige Flugreise auf die andere Seite der Erde an. Der Vollständigkeit halber möchte ich anfügen, dass auch meine Frau Sandra mit dabei war und dass es sich um unsere Hochzeitsreise handelte. Am 27. August 2004 hatten wir – getreu dem Text des Schlagers »Kein Bier auf Hawaii« – nach 12-jähriger Verlobungszeit kurz entschlossen geheiratet. Kein Bier auf Hawaii ist übrigens eine Täuschung. Es gab dort jede Menge leckeren deutschen Gerstensaft, der bei dreißig Grad im Schatten nicht nur schmeckte, sondern auch heftigst dröhnte.

Dass Hawaii nicht bloß aus den größeren Vulkaninseln wie Oahu, Maui, Kauai und der auch »Big Island« genannten namensgebenden Hauptinsel Hawaii besteht, weiß kaum jemand. Die meisten der 137 Inseln des Archipels sind winzi-

Malerisch zeichnen sich die Kuppeln des Observatoriums vor dem tropischen Sonnenuntergang ab.

ALLE FOTOS: DANIEL WEITENDORF



Wer den Highway 190 entlangfährt, erkennt in der Ferne schon den schneebedeckten Gipfel des Mauna Kea.

ge, unbewohnte Eilande vulkanischen Ursprungs, die sich in einem fast 2500 Kilometer langen Bogen von Kure und Midway nach Südosten bis zu Big Island erstrecken. Rund viertausend Kilometer beträgt die Entfernung zum amerikanischen Festland, noch einmal zweitausend Kilometer mehr sind es bis nach Asien. Damit ist Hawaii die entlegenste Inselgruppe der Erde.

Durchs Paradies zum Mauna-Kea-Observatorium

Leider bekamen wir vom amerikanischen Festland aus, wo wir in San Francisco zwischengelandet waren, keinen Direktflug nach Big Island. Uns blieb also die Wahl zwischen einem Umweg über die Flughäfen auf den Inseln Oahu oder Maui. Beide Inseln sind sehenswert, sodass sich dieser Abstecher durchaus lohnte. Wir haben das Inselparadies zwei Wochen lang genossen und kaum Klischees, aber jede Menge Realitäten kennen gelernt, gefilmt und in großer Zahl auf Speicherchips gebannt. Mit einem Inlandflug erreichten wir schließlich die Hauptinsel des Hawaii-Archipels.

Big Island ist mit 10450 Quadratkilometer Fläche die größte aller hawaiianischen Inseln, doppelt so groß wie die Landfläche aller anderen Inseln zusammen und damit etwa halb so groß wie Hessen. Die landschaftliche Vielfalt ist überwältigend. Karge Lavawüsten wechseln ab mit idyllischen Buchten, dampfenden Regenwäldern und riesigen Rinderweiden. Die Hauptinsel ist das erdgeschichtlich jüngste Eiland im Archipel. Deshalb hat sie im Vergleich zur Größe weniger breite Strände, die Gipfel sind die höchsten, und die Bergmassive reichen bis dicht an die Küste heran. In den Höhenlagen fällt im Winter regelmäßig Schnee. Der 4205 Meter hohe Mauna Kea und der Mauna Loa mit 4169 Metern sind die höchsten Gipfel des Archipels. Big Island ist die einzige vulkanisch noch aktive Insel Hawaiis. Hier brechen regelmäßig der Mauna Loa und der Kilauea aus. Die letzte Eruption des Kilauea fand im Sommer 1997 statt. Auch zwischen den Ausbrüchen ist die Aktivität sichtbar: Schwefeldampfwolken, Fumarolen genannt, steigen aus dem Gestein auf.

Am Internationalen Flughafen von Hilo nahmen wir den vorab reservierten Geländewagen in Empfang. Ein Allradfahrzeug ist für den Weg zum Gipfel des Mauna Kea unverzichtbar. Wenn es durch besondere Witterungsbedingungen gefährlich wird, ist die Straße ohnehin gesperrt. Aber auch mit einem Offroader fährt man dort auf eigenes Risiko, da die Mietwagenfirmen das eigentlich nicht erlauben. In Amerika geht man mit Verboten jedoch etwas lockerer um als in Deutschland.

Auf dem Weg von Kailua Kona auf dem Highway 190 konnten wir dann endlich den schneebedeckten Gipfel des Mauna Kea mit den Observatorien sehen und gewannen einen ersten Eindruck von der Majestät dieses Bergs.

Die Größten ihrer Klasse

Auf dem 4205 Meter hohen Schildvulkan Mauna Kea befinden sich die beiden Zehn-Meter-Keck-Zwillinge, das Gemini Nord mit 8,1 Metern, das japanische 8,3 Meter Subaru, vier Fernrohre der Zwei-bis-vier-Meter-Klasse, Submillimeter- und Radioteleskope. Das Gelände gehört der Nasa und wird vom Institut für Astronomie der Universität Hawaii betrieben. Die atmosphärischen Bedingungen in dieser Region, extrem trockene Luft und nur selten Wolken, garantieren ein optimales Seeing. Der Mauna Kea ist auf unserem Planeten der vielleicht beste Platz für ein Teleskop.

Über die gut ausgebaute Saddle Road gelangten wir zur Einmündung der Mauna Kea Access Road, die uns schließlich zu dem in dreitausend Meter Höhe gelegenen Onizuka-Besucherzentrum führte. Das Atmen fiel in dieser Höhe schon deutlich schwerer und wir nahmen uns etwas Zeit, uns an die dünne und trocke- >

Oben der Schnee, unten die Wolken, dazwischen links oben das Subaru-Teleskop und die Keck-Zwillinge, ganz rechts das Gemini Nord

> ne Luft zu gewöhnen. Im Onizuka war für die hellen Tagesstunden ein Sonnenteleskop mit einem Spektrometer und einem H-Alpha-Teleskop vorhanden.

Von dem Besucherzentrum führt ein Schotterweg zum Gipfel, der nach etwa der Hälfte des Wegs in eine gut zu fahrende schmale Asphaltstraße übergeht. Wir brauchten etwa zwanzig Minuten für die Strecke. Auf halbem Weg erreichten wir die Schneegrenze. Ein beeindruckendes Bild bot sich uns: unter uns die Wolken, über uns ein wunderschöner blauer Himmel und um uns herum eine schneebedeckte Landschaft. Wir fuhren weiter, und plötzlich tauchte vor uns die riesige Kuppel des Caltech Submillimeter Telescope auf. Mit seiner Radioschüssel von 10,4 Metern ist es eines der weltgrößten Submillimeterteleskope.

Aber die Stars unter den Instrumenten auf dem Mauna Kea sind Keck I und II, die derzeit noch größten Spiegelteleskope der Welt. Die beiden Parabolspiegel mit ihrem Durchmesser von zehn Metern bestehen aus jeweils 36 sechseckigen Einzelsegmenten. Sie sitzen unter zwei imponierenden 31 Meter hohen weißen Kuppeln, die sich sehr malerisch gegen das tiefe Blau des Himmels absetzen. Besucher können sogar einen Blick in die Kuppel des 1992 fertig gestellten Keck I-Teleskops werfen. Das ließ ich mir nicht entgehen: In einem kleinen, mit Plexiglas geschützten Raum stand ich direkt in der Kuppel unter der riesigen Aufhängung.

Als Amateurastronom fiel mir sofort die azimutale Montierung auf. Diese hat den Nachteil, dass die Kamera ständig die Bildfelddrehung ausgleichen muss. Doch nur so ist eine optimale Balance von Masse und Stabilität gegeben. Wie eine Eisenbahn fährt das Teleskop auf Schienen um seine eigene Achse.

Meine Frau genoss derweil den faszinierenden Ausblick auf den Pazifik, der seinem Namen »Stiller Ozean« an diesem Tag alle Ehre machte.

Das größte Auge der Menschheit blickt in die Unendlichkeit des Alls

Das also war das größte Auge der Menschheit, ein Fenster in die Unendlichkeit des Universums und zurück bis an den Anfang der Zeit und des Raums. Eine faszinierende Leistung der Ingenieurskunst: Das dreihundert Tonnen schwere und acht Stockwerke hohe Instrument ist auf Nanometer genau bewegbar.

1996 kam zu dem schon fertigen Keck-I- das baugleiche Keck-II-Teleskop hinzu. Ein Interferometer kombiniert das Licht der beiden Teleskope. Damit ist es möglich, den Durchmesser von Sternen zu messen oder die Eigenschaften von Doppelsternsystemen zu untersuchen. Auch Exoplaneten vom Typ »Heißer Jupiter« lassen sich dadurch direkt beobachten. Die Winkelauflösung des Interferometers entspricht der eines einzelnen Teleskops mit einem 85-Meter-Spiegel!

Überwältigt von diesen Gedanken vergaß ich sogar die Symptome, die ein Aufenthalt in dieser Höhe mit sich bringt.

Riesenzwilling Auch für sich allein genommen wirkt das Gemini-Nord-Teleskop, hier kurz nach Sonnenuntergang, noch majestätisch.

Da der Luftdruck hier nur noch vierzig Prozent des Drucks auf Meereshöhe beträgt, muss der Körper sich erst an die geringe Sauerstoffversorgung gewöhnen. Ein leichtes Schwindelgefühl und schnelle Atemlosigkeit schon bei kleinsten Anstrengungen – dazu zählt sogar das normale Gehen – legen sich erst nach etwa einer Stunde.

Vor Sonnenuntergang besichtigten wir das 2,2-Meter-Teleskop der Universität Hawaii. Hier beeindruckte mich die riesige parallaktische Gabelmontierung des Fernrohrs, das – 1970 gebaut – zu den ersten Teleskopen auf dem Mauna Kea gehört. Das »UH 0.6«, ein 60-Zentimeter-Teleskop der Universität Hawaii, wurde 1968 als Erstes der hiesigen Instrumente errichtet und ist mit seinem 24-Zoll-Spiegel das kleinste auf dem Berg.

Nach der Besichtigung baute ich meine Fotoausrüstung neben dem Gemini Nord auf. Wie der Name suggeriert, gibt es zwei dieser Acht-Meter-Teleskope, das Gemini Süd steht auf dem Cerro Pachon in den chilenischen Anden.

Hawaiian Night

In einem grandiosen Farbspiel versank die Sonne in den Weiten des Pazifiks, und dies war mit Sicherheit einer der schönsten Sonnenuntergänge meines Lebens. Nachdem Helios vom Himmel abgetreten war, wurde es schnell kälter. Um mich herum hörte ich die Motoren der Observatorienkuppeln, die sich für die Beobachtungsnacht öffneten. Eine Touristengruppe, die sich mit mir den Sonnenuntergang angesehen hatte, machte sich auf den Rückweg. Ich hingegen zog mich warm an und brachte mein Fernrohr in Stellung – eines der kleinsten Teleskope der Welt neben den Giganten der Astronomie.

Leider wurde es nicht nur kälter, sondern auch immer stürmischer. Obwohl der Mond am Himmel stand und erst in zweieinhalb Stunden untergehen sollte, wurde der Himmel so dunkel, wie ich es mit Mondlicht nicht erwartet hätte. Und als ob jemand Löcher in den Umhang der Nacht gestochen hätte, standen die Sterne ohne zu funkeln am Firmament. Ein derart gutes Seeing habe ich noch nie zuvor erlebt. Auch war bis zum Horizont keinerlei Lichtverschmutzung erkennbar.

Als es dunkel genug war, begann ich mit meinem kleinen Vier-Zoll-Fernrohr zu beobachten und war überwältigt, was unter dunklem Himmel in diesem Gerät steckte. Den Orionnebel hatte ich so bisher nur in viel größeren Fernrohren gesehen. Auch der Flammennebel NGC 2024 zeigte sich sehr deutlich und strukturiert. Leider musste ich die Beobachtung wegen des immer stärker werdenden Winds abbrechen. Aber ich hatte mich bereits davon überzeugt, dass der Spruch »nichts kann einen dunklen Himmel ersetzen« der Wahrheit entspricht.

Mit Standlicht verließ ich langsam den Gipfel und fuhr hinab zum Besucherzentrum. Das liegt immer noch weit höher als die meisten Teleskope der Erde und bietet einen der klarsten, dunkelsten Himmel unseres Planeten. Dort war es weniger windig, und so beobachtete ich noch eine Weile mit den dort zur Verfügung stehenden Geräten. Die größten darunter sind ein Meade LX200 16-Zoll- und ein Celestron 14-Zoll-Reflektor auf einer G11-Montierung. Ein 4-Zoll-Refraktor und ein 8-, 6- und 4 ½-Zoll-Dobson runden das Instrumentarium ab.

Leider machte das Besucherzentrum pünktlich um 22 Uhr dicht. Auch die Parkplatzbeleuchtung wurde eingeschaltet, sodass weitere Beobachtungen nicht mehr möglich waren. Auf dem Rückweg suchte ich mir noch ein schönes Beobachtungsplätzchen auf etwa eintausend Meter und ließ so diesen unvergesslichen Tag ausklingen.

Aloha heißt auch »Auf Wiedersehen«

Der einzige Nachteil an Hawaii ist, dass dieses Astronomenparadies so weit entfernt und die Anreise daher schier ewig lang ist. Der Flug Frankfurt-Honolulu dauert etwa zwanzig Stunden. Hinzu kommt üblicherweise mindestens ein Zwischenstopp. Auch die Zeitverschiebung beim Heimflug ist gewöhnungsbedürftig, denn man überspringt meist einen ganzen Tag: Wer an einem Freitag abfliegt, erreicht Frankfurt am Sonntag. Aber nach ein paar Tagen Jetlag haben wir auch das überstanden. In Erinnerung bleiben ein Urlaub auf dem schönsten Fleckchen der Erde, drei Stunden Video und neunhundert Digitalfotos und Mittelformatdias. Aloha! <<

Daniel Weitendorf ist begeisterter Amateurastronom mit dem Schwerpunkt Deep-Sky. Weitere tolle Bilder vom Mauna Kea und viel Außerirdisches zeigt er auf seiner Homepage www.deep-sky-lab.de.

NIGHT SKY, C.M. UTTER

Das Okular-Abc

Obwohl sie so klein sind, spielen Okulare für die Leistung Ihres Fernrohrs eine große Rolle. **>> Ed Ting**

Wenn Sie sich jüngst ein Fernrohr gekauft haben oder gerade erst lernen, mit Ihrem eigenen Teleskop umzugehen, kann die Flut der Spezifikationen und Funktionen zunächst ziemlich entmutigend sein. Sofort drängen sich Ihnen eine Menge Fragen auf: Handelt es sich um einen Refraktor, einen Reflektor oder etwas anderes? Wozu dienen all diese Drehknöpfe? Ist die Montierung richtig ausgerichtet? Warum ist das Handbuch so verwirrend?

Und dann sind da auch noch diese Okulare, kleine Röhren voller Linsen, auf die kryptische Zahlen und Buchstaben eingraviert sind. Mit ihrem unscheinbaren Aussehen vermitteln sie den Eindruck, eher zu den unbedeutenden Zubehörteilen eines Teleskops zu gehören – womöglich haben Sie sogar bereits eines verloren. Aber glauben Sie mir: Okulare entscheiden letztlich über die Qualität der Bilder, die Sie in Ihrem Fernrohr sehen. »Okay«, sagen Sie nun vielleicht, »wie kann ich also beurteilen, ob die Okulare, die ich besitze, etwas taugen?«

Das Fernrohr verstehen

Teleskope sind im Prinzip einfache Geräte mit zwei grundlegenden Komponenten. Das Objektiv (der Hauptspiegel oder die Frontlinse) sammelt und fokussiert Licht zu einem kleinen Bild im Brennpunkt. Wenn Sie jemals eine Lupe verwendet haben, um Sonnenlicht zu bündeln, haben Sie dabei auf genau die gleiche Weise ein winziges, aber helles Bild unseres Zentralgestirns erzeugt. Das Okular dient als zweite Lupe, die sich nahe bei dem vom Objektiv erzeugten Bild befindet und dieses vergrößert, damit Sie es mit Ihren Augen ansehen können. Genau wie das Objektiv hat auch das Okular eine bestimmte Brennweite, die in Millimetern auf seine Hülse aufgedruckt ist. Typische Werte liegen zwischen sechs und 25 Millimeter.

Heutzutage sind die meisten Teleskope gleich mit mindestens einem Okular ausgestattet, manche Kaufhausfernrohre locken sogar mit drei oder mehr mitgelieferten Exemplaren. Sie brauchen tatsächlich mehr als eines, um die Objekte am Himmel bei verschiedenen Vergrößerungen ansehen zu können – es sei denn, Sie benutzen ein Zoomokular (siehe Kasten S. 68). Die Vergrößerung ist durch eine Zahl angegeben, der ein »×« folgt. »100×« bedeutet zum Beispiel, dass das Fernrohr ein Objekt hundertmal näher erscheinen lässt, als es tatsächlich ist. Geringe Vergrößerungen werden Sie meistens für Panoramaansichten vom Mond und von Sternhaufen einsetzen. Mit hohen Vergrößerungen können Sie sich dagegen Mondkrater näher anschauen, Details auf fernen Planeten heranholen oder Doppelsterne in einzelne Lichtpunkte auflösen.

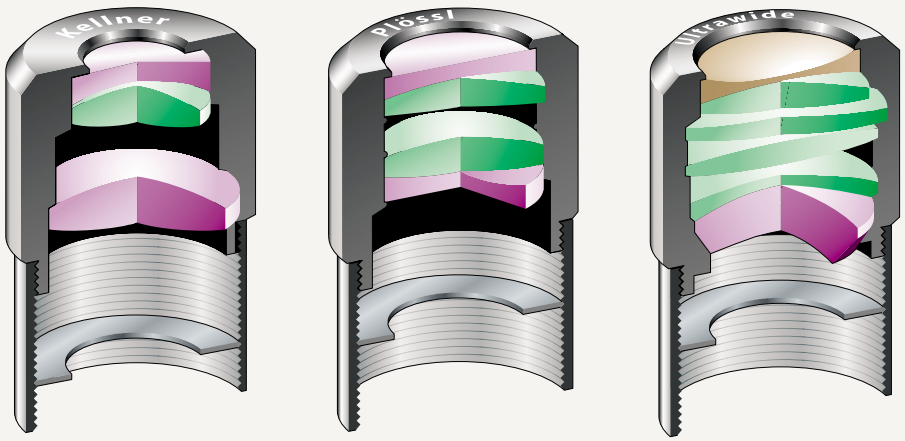
Um die Vergrößerung Ihres Fernrohrs zu ermitteln, müssen Sie die Brennweite des Objektivs durch die des Okulars teilen. Mit anderen Worten: Hat Ihr Teleskop eine Brennweite von 1000 Millimetern, und Sie verwenden ein 25-Millimeter-Okular, dann ist die Vergrößerung 1000/25, also vierzigfach. Wechseln Sie zu einem Zehn-Millimeter-Okular, erhalten Sie eine Vergrößerung von 1000/10, also hundertfach. Es widerspricht vielleicht zunächst Ihrer Intuition, aber je kürzer die Brennweite eines Okulars ist, desto höher wird die Vergrößerung.

Liefern dann Okulare mit noch kürzeren Brennweiten, beispielsweise drei oder vier Millimeter, wirklich höhere Vergrößerungen? Theoretisch ja. Aber es gibt eine praktische Grenze, bis zu der Ihr Fernrohr vergrößern kann. Bei den meisten Teleskopen liegt diese beim doppelten Betrag der Öffnung in Millimetern. »Öffnung« bezeichnet dabei den freien Durchmesser Ihres Objektivs. Für billige Teleskope mit sechzig Millimeter Öffnung sind oft Vergrößerungen von 500fach angegeben. Im tatsächlichen Betrieb erscheint jedoch die Abbildung bereits ab hundertfacher Vergrößerung verschwommen.

Die Qual der Wahl

Als ich in den 1970ern mit der Astronomie anfing, war die Wahl der Okulare eine einfache Sache. Als Erstes probierte man die billigen 25- und Zehn-Millimeter-Okulare aus, die beim Fernrohr dabei waren. Um weitere Brennweiten zu testen, kaufte man einfach den Rest des Okularsatzes hinzu. Wer genug Geld hatte, investierte es in einige »orthoskopische« Okulare, deren Technik als die beste für Planetenbeobachtungen galt. Experimentierfreudige Sterngucker kauften ein Weitwinkel-Erfle. Ansonsten gab es nur wenig Alternativen.

Doch die Zeiten ändern sich! Heutzutage gibt es so viele Okularlinien, dass es fast unmöglich ist, den Überblick zu behalten. Fortschritte bei Glassorten, optischen Vergütungen und der computerbasierten Entwicklung von Okularen führten zu einer Fülle von Neuheiten. Die Auswahl der richtigen Okulare muss trotzdem nicht schwierig sein. Neben der Brennweite gibt es einige grundlegende >



BEIDE ILLUSTRATIONEN: NIGHT SKY

Zwei Lupen bilden den Kern jedes Teleskops: das Okular am Auge des Betrachters und das Objektiv am anderen Ende des Teleskops (links). Okulartypen unterscheiden sich durch Anzahl, Form und Anordnung der Linsen und Zwischenräume – gut zu erkennen an den abgebildeten Querschnitten durch ein Kellner-, ein Plössl- und ein Weitwinkelokular (unten).

> Eigenschaften, die Ihnen nicht nur helfen, jene Okulare richtig zu verwenden, die Sie bereits besitzen, sondern auch das Auswählen weiterer erleichtern.

Vielleicht am wichtigsten im Hinblick auf die allgemeine Leistung und den Preis ist das optische Prinzip. In den glänzenden Röhren sind kleine, runde Linsen angeordnet, mehrere Gruppen folgen in bestimmten Abständen und in einer bestimmten Reihenfolge aufeinander. Das Huygens-Okular zum Beispiel besteht aus einem einfachen Linsenpaar. Das Ramsden-Prinzip folgt einer ähnlichen Konstruktion. Wenn Sie ein billiges Kaufhausfernrohr besitzen, können Sie nach einem verräterischen »H« oder »R« auf den Okularen suchen. Beide Bauarten stammen aus einer Zeit, in der Refraktoren mit langen Brennweiten üblich waren. Jene Okulare liefern an den heutigen Instrumenten mit kürzeren Brennweiten nur mittelmäßige Bilder und sind fast nie erste Wahl, wenn es darum geht, feine Details zu erkennen.

Das Kellner-Okular und seine Abkömmlinge, die modifizierten achromatischen (MA) Modelle, verwenden drei Linsen, wodurch sich eine bessere Farbkorrektur und ein schärferer Gesichtsfeldrand als bei den Huygens- und Ramsden-Okularen ergibt. Kellner-Okulare gelten als der günstigste Typ, der ein qualitativ gutes Bild erzeugt.

Randschärfe kontra Gesichtsfeld

Das orthoskopische Design arbeitet mit vier Linsen und ist ideal für Doppelstern- und Planetenbeobachter, weil diese Okulare viele feine Details mit gutem Kontrast zeigen. Orthoskopische Okulare bieten jedoch ein kleines Gesichtsfeld.

Ein weiterer vierlinsiger Typ ist das Plössl-Okular. Einst galt es als exotisch, aber in den vergangenen Jahren hat sich das Plössl zum beliebtesten Allzweckokular entwickelt. Es liefert Ihnen schöne Bilder und zeigt einen größeren Himmelsausschnitt als vergleichbare orthoskopische Okulare, ähnlich wie das Erfle, früher für Amateure das einzige erhältliche Weitwinkelokular. Mit Erfle ist das Gesichtsfeld um rund fünfzig Prozent größer als mit den meisten üblichen Okulartypen. Der Preis dafür ist jedoch eine geringere Randschärfe.

Die meisten Erfles wurden in den frühen 1980er Jahren von neueren Weitwinkelmodellen verdrängt, an deren Spitze die Innovationen von Tele Vue standen. Zu diesen modernen Okulartypen gehören das Nagler- und das panoptische Design. Sie liefern so große Gesichtsfelder, dass manche Beobachter beim Blick durchs Teleskop den Eindruck gewinnen, im All zu schweben. Im Vergleich sind diese Okulare größer, schwerer und sehr viel teurer.

Unabhängig vom optischen Prinzip werden Okulare mit Steckdurchmessern von 0,965, 1,25 und zwei Zoll (1 Zoll = 2,54 Zentimeter) angeboten. Bis vor Kurzem waren Billigteleskope üblicherweise mit 0,965-Zoll-Okularen ausgestattet. Inzwischen sind diese kaum noch zu finden – glücklicherweise, denn meist war ihre Qualität höchst zweifelhaft. Heute sind 1,25-Zoll-Okulare weltweit Standard, und Zwei-Zoll-Okulare erfreuen sich zunehmender Beliebtheit.

Der Augenabstand steht als Nächstes auf der Liste wichtiger Okulareigenschaften. Er ist ein Maß dafür, wie weit das Auge vom Okular entfernt sein kann, um noch den gesamten Himmelsausschnitt von Gesichtsfeldrand zu Gesichtsfeldrand zu überblicken. Wenn Sie eine Brille tragen, benötigen Sie Okulare mit maximalem Augenabstand. Der typische Brillenträger braucht mindestens 19 Millimeter Entfernung, um das gesamte Gesichtsfeld zu überblicken – manche noch mehr, andere weniger. Auch für Nichtbrillenträger ist das Beobachten mit großem Augenabstand bequemer. Meistens schrumpft der Augenabstand mit steigender Vergrößerung. Daher sind billige Okulare mit einer Brennweite von sechs Millimetern oder weniger unbequem im Gebrauch – egal, ob Sie eine Brille tragen oder nicht. Im Dunkeln kann es sogar schwierig sein, die richtige Stelle zu finden, an der Sie durchschauen müssen!

Sollten Sie Ihre Brille überhaupt während der Beobachtung tragen? Wenn Sie unter Hornhautverkrümmung leiden, bekommen Sie nur mit ihr ein scharfes Bild. Sind Sie jedoch nur kurz- oder weitsichtig, können Sie sie abnehmen und das Fernrohr nachfokussieren. Wenn Sie zusammen mit anderen beobachten, gilt es übrigens als höflich, den Okularauszug für den nächsten Beobachter wieder in die Ausgangsposition zurückzudrehen.

Ein letzter Faktor verdient noch Beachtung: das scheinbare Gesichtsfeld. Das ist der Winkel, den Ihr Auge im Okular von Rand zu Rand überblickt. Er beträgt bei den meisten Okularen zwischen vierzig und sechzig Grad, extreme Werte reichen von dreißig bis achtzig Grad. Verwechseln Sie jedoch das scheinbare Gesichtsfeld nicht mit dem wahren. Darunter versteht man den tatsächlichen Himmelsausschnitt, der sich im Okular zeigt. Dieser ist selten größer als zwei Grad.

Fachbegriffe für Einsteiger

Mit den folgenden Begriffen und Prinzipien könnten Sie ebenfalls in Berührung kommen, wenn Sie die wunderbare Welt der Okulare erforschen:

Parfokal: Bequemlichkeitshalber sind viele Okulare einer bestimmten Produktlinie »parfokal« – das heißt, beim Wechsel von einem zum anderen Okular ist wenig oder kein Nachfokussieren nötig. Bei Produkten verschiedener Hersteller funktioniert das nicht so einfach, oft nicht einmal zwischen den einzelnen Produktlinien eines Herstellers. Daher werden Sie sich wahrscheinlich früh festlegen und künftig ein oder zwei Serien die Treue halten.

Vergütung: Okularlinsen bekommen chemische Beschichtungen, um ihre Lichtdurchlässigkeit zu erhöhen. Ohne Vergütung gäbe es wegen der vielen Luft-Glas-Grenzflächen einen merklichen Lichtverlust, und dieses Problem wächst mit steigender Zahl der Linsenelemente. Die einfachste Vergütung besteht aus Magnesiumfluorid ($MgFl_2$); es verleiht der Linse bei Tageslicht einen leicht bläulichen Schimmer. Neuere, bessere Vergütungen sehen dunkelgrün oder violett aus. Wenn alles andere gleich ist, sollte Ihre Wahl auf das Okular mit den dunkelsten Linsen fallen.

Austrittspupille: Der Lichtkreis, der das Okular verlässt, heißt Austrittspupille. Es ist hilfreich, ihren Durchmesser zu kennen, wenn Sie schwach vergrößernde Okulare verwenden. Warum? Die Pupille des menschlichen Auges kann sich unter idealen Bedingungen auf ungefähr sieben Millimeter weiten. Dieser Wert verringert sich bei Beobachtern jenseits der Dreißig für jedes Lebensjahrzehnt um etwa einen Millimeter. Wählen Sie eine zu geringe Vergrößerung, so entsteht eine Austrittspupille, die für Ihr Auge zu groß ist. Sie verlieren also effektiv Licht, das das Fernrohr zuvor gesammelt hat. Sie können die Größe der Austrittspupille berechnen, indem Sie die Brennweite f des Okulars durch das Öffnungsverhältnis des Teleskops teilen. So ergibt sich für ein 32-Millimeter-Okular an einem Fernrohr mit einem Öffnungsverhältnis von f/8 eine Austrittspupille von 32/8, also vier Millimeter – ein recht akzeptabler Wert. Aber wenn Sie dasselbe Okular an einem großen f/4-Reflektor einsetzen, erreicht die Austrittspupille 32/4, also acht Millimeter. Das ist zu groß – Sie sollten ein stärker vergrößerndes Okular einsetzen.

Filtergewinde, Augenmuscheln und Behälter: Heute besitzen die Röhren der meisten Okulare an der Seite zum Fern- >

NIGHT SKY, C. M. UTTER

Wie Orgelpfeifen präsentieren sich die gängigen Okulare (von links: 0,965, 1,25 und 2 Zoll).

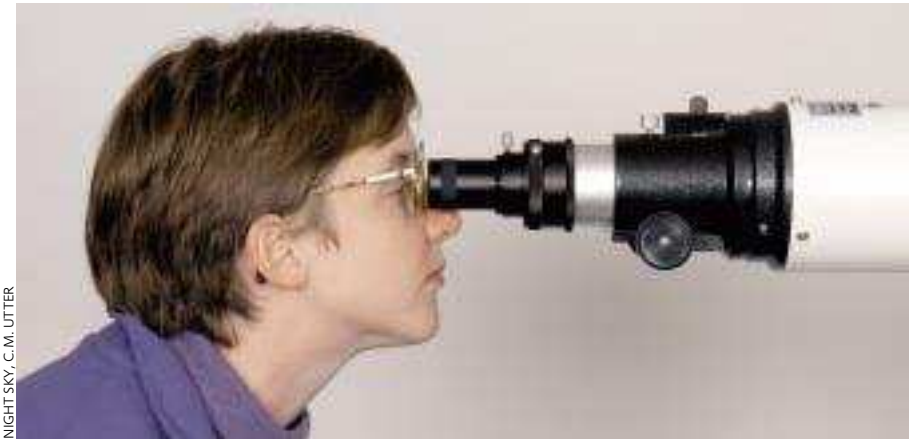
Die Barlowlinse

Eine der nützlichsten Ergänzungen einer jeden Okularsammlung ist die Barlowlinse. Dieses Zubehörteil verdoppelt oder verdreifacht die Vergrößerung des aufgesetzten Okulars. So können Sie mit der gleichen Anzahl von Okularen mehr unterschiedliche Vergrößerungen abdecken. Die Verlängerungsfaktoren reichen von 1,8- bis fünffach.

Barlowlinsen sind ganz einfach zu benutzen: Sie fügen sie nur zwischen Okular und Okularauszug ein – oder zwischen Okular und Zenitprisma, wenn Sie ein solches verwenden.

In der Vergangenheit hatten Barlowlinsen einen schlechten Ruf, weil Billigprodukte den Markt überfluteten. Einige der billigsten, die mit Kaufhausfernrohren ausgeliefert wurden, beinhalteten sogar Plastiklinsen! Heute stehen jedoch viele ausgezeichnete Barlowlinsen zur Auswahl. Wie bei Okularen bestimmt der Preis die Qualität. Sie sollten in Betracht ziehen, mindestens achtzig Euro auszugeben.

NIGHT SKY, ALAN DYER


NIGHT SKY, C. M. UTTER

Brillenträger benötigen Okulare mit genügend großem Augenabstand. Nur dann können sie das gesamte Gesichtsfeld ihres Teleskops überblicken.

> rohr ein Gewinde, auf das sich Filter aufschrauben lassen. Einige verfügen außerdem über umklappbare Augenmuscheln, die Streulicht abhalten. Ist das bei Ihren Okularen nicht der Fall, können Sie die Augenmuscheln beim Teleskophändler nachkaufen. Schließlich sollten Sie nicht vergessen, sich einen hochwertigen Behälter für Ihre wertvolle Investition zuzulegen. Ein guter Okularkoffer enthält einen Schaumstoffblock mit vorgestanzten Ausschnitten für die Okulare und einen stabilen Verschluss, der nicht aufgeht, wenn der Behälter auf den Boden fällt.

Eine Okularsammlung aufbauen

Wer nur gelegentlich mit dem Fernrohr beobachtet, ist mit zwei oder drei sorgfältig ausgewählten Okularen, vielleicht in Verbindung mit einer Barlowlinse, schon gut bedient. Womöglich wünschen Sie sich aber eine größere Auswahl, um mehr ausprobieren zu können. Dann kommt es darauf an, was Sie am liebsten beobachten:

Die preiswerte Anfangsausstattung: Wenn Sie nur einen bescheidenen Satz nützlicher Okulare wollen, ohne ein Vermögen dafür ausgeben zu müssen, sollten Sie es mit einigen Kellner-Okularen versuchen.

Die Allzweckausrüstung: Eine universell einsetzbare Ausrüstung sollte Acht-, 15-, 25- und 32-Millimeter-Plössl-Okulare umfassen und eine Zweifach-Barlowlinse. Hochwertige Modelle gibt es unter anderem von Celestron, Meade und Orion. Wenn Sie diesen Weg beschreiten, werden Sie für weniger als sechshundert Euro einen erstklassigen Okularsatz bekommen. Sind Sie bereit mehr auszugeben, können Sie beispielsweise Plössls von Tele Vue kaufen. Sie können auch weniger ausgeben, aber ich rate dringend von billigen Plössl-Okularen ab.

Planeten und Doppelsterne: Wenn Sie sich gerne Planeten, Doppelsterne oder den Mond anschauen und Ihr Fernrohr per Motor nachgeführt ist, dann könnten Ihnen orthoskopische Okulare zusagen. Wählen Sie diese so aus, dass die Vergrößerungen zwischen hundert- und zweihundertfach liegen. Denn Sie werden mit einer hervorragenden Bildschärfe belohnt und müssen dafür keine Bank ausrauben: Jedes kostet 75 bis 150 Euro. Auch Plössl-Okulare sind eine gute Wahl.

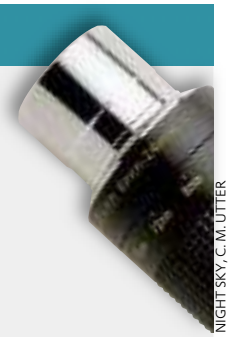
Brillenträger: Können Sie beim Beobachten auf Ihre Brille nicht verzichten, sind die Lanthanokulare von Vixen und die Radianokulare von Tele Vue wie für Sie geschaffen. Beide haben unabhängig von der Brennweite einen ausgezeichneten Augenabstand. Sie benötigen allerdings nicht den gesamten Satz, es sei denn, Sie wären ein Sammler. Kaufen Sie nur die Brennweiten, die Sie benötigen und denken Sie daran, dass diese Okulare tendenziell teuer sind. Mit orthoskopischen Okularen dürften Sie jedoch zu kämpfen haben, weil diese einen ziemlich kleinen Augenabstand haben.

Ausgedehnte Objekte: Als Liebhaber von Sternhaufen und Nebeln könnten Sie 27- und 19-Millimeter-Panoptik-Okulare bevorzugen, zusammen mit 13- und Sieben-Millimeter-Nagler-Okularen. Alle diese Modelle stammen von Tele Vue und öffnen ein beeindruckendes Panoramafenster in den Nachthimmel. Sie müssen fast zweitausend Euro ausgeben, bekommen dafür aber einen Okularsatz, der ein Leben lang allen Bedürfnissen genügt.

Mehr noch als die Wahl des richtigen Fernrohrs ist die Wahl der Okulare eine sehr persönliche Entscheidung. Verstehen Sie meine Vorschläge daher nur als Anregungen für Ihre eigene Suche. Will sagen: Ich empfehle Ihnen, grundsätzlich die besten Okulare zu kaufen, die Sie sich leisten können. Warum? Weil Sie die Okulare häufig ein Leben lang behalten, selbst wenn sich Ihr Teleskopgeschmack ändert. Wenn Sie von vornherein etwas mehr für hochwertige Okulare bezahlen, müssen Sie sich bei einem späteren Wechsel des Fernrohrs keine Gedanken machen. <<

Ed Ting lebt in Amherst, New Hampshire. Wenn er gerade nicht seine Okulare zählt, bespricht er sie unter www.scopereviews.com.

Zoomokulare: Der neue Dreh


NIGHT SKY, C. M. UTTER

Es gab eine Zeit, in der Zoomokulare eher modern als nützlich waren: Weder das Glas noch die Bauweise waren gut genug, um die gleiche Bildschärfe wie bei Standardokularen zu erreichen. Zoomobjektive für Kameras hatten früher dieselben Probleme. Aber dank computergestützter Entwicklung und exotischer Glassorten haben sich Zoomobjektive und -okulare inzwischen qualitativ deutlich verbessert.

Die meisten der großen Fernrohrhersteller haben ein oder zwei Zoomokulare in ihrem Produktsortiment. Natürlich kosten moderne Optiken für gewöhnlich mehr, und Zoomokulare machen da keine Ausnahme – es gibt aber auch erschwingliche Modelle. Meades Modell in der 4000er-Serie (295,– Euro) deckt wie die Angebote von Vixen (239,– Euro), Pentax (439,– Euro) und Tele Vue (249,– Euro) den Bereich acht bis 24 Millimeter ab. Und um die größtmögliche Vergrößerung aus Ihrem Fernrohr herauszukitzeln, bietet Tele Vues Nagler-Produktlinie ein Zwei- bis Vier-Millimeter-Zoom (439,– Euro) und ein Drei- bis Sechs-Millimeter-Zoom (429,– Euro).

Marktübersicht

NIGHT SKY, CHUCK BAKER

Baader Planetarium
www.baader-planetarium.de
Baader Planetarium bietet seit Jahren eudiaskopische Okulare an, fünflinsige Großfeldokulare, die zwischen 112,– und 340,– Euro kosten. Sie vereinen die Vorteile der einfachen Plössl-Okulare mit der Erfle-Bauweise. Bei den Genuine-Ortho-Okularen handelt es sich um eine parfokale Modellreihe (je 98,– Euro). Außerdem bereitet Baader eine Serie neuartiger Hyperion-68-Grad-Mehrwertokulare vor. Diese sind mit zwei Systemgewinden ausgestattet für den Anschluß von Digital- und Videokameras.

Celestron
www.celestron.de
Unter Celestrons verschiedenen Modelllinien sind für die meisten Sterngucker die Ultima-Okulare die beste Wahl (138,– bis 194,– Euro). Dabei handelt es sich um hochqualitative Plössl-Okulare, die klare, scharfe Bilder liefern. Billiger sind die E-Lux- und Omni-Plössl-Okulare (34,– bis 65,– Euro); im oberen Preissegment liegt die Axiom-Modellreihe (200,– bis 450,– Euro). Die parfokalen X-Cel-Okulare (je 98,– Euro) bieten einen großzügigen Augenabstand bei allen Brennweiten.

Edmund Industrial Optics
www.fernrohrland.de
Die RKE-Modellreihe, eine Kellner-Variante, gibt es seit Jahrzehnten. Das waren die Okulare, die ich als Jugendlicher bevorzugte. Für jeweils 89,– Euro sind sie als Universalokulare noch immer eine gute Wahl.

Meade
www.meade.de
Das Herz von Meades Okularangebot bilden die hervorragenden Super-Plössls der Serie 4000 (65,– bis 89,– Euro). Kürzlich brachte Meade Weitwinkel- und Superweitwinkelokulare auf den Markt. Ihre Preise reichen von 210,– bis 369,– Euro beziehungsweise 249,– bis 549,– Euro. Wenn Ihr Fernrohr Okulare mit 0,965 Zoll Durchmesser benötigt, sollten Sie Meades Modellreihe modifizierter Achromate (MA) in Erwägung ziehen (zirka 35,– Euro).

Orion
www.teleskop-service.de
Hier finden Sie mehrere 1,25-Zoll-Okularreihen. Die Sirius-Plössls sind erschwinglich (55,– bis 75,– Euro). Orions Ultrascopic-Serie gleicht den Ultima-Okularen von Celestron. Es handelt sich um exzellente Allzweckokulare (105,– bis 130,– Euro).

Pentax
www.telescopes-by-pentax-gmbh.com
Dieser japanische Hersteller bietet hervorragende XW-Okulare (329,– bis 549,– Euro) über verschiedene Händler an. Für die XW-Modelle kommen moderne Glassorten und Bauweisen zum Einsatz, die einen großen Augenabstand, hohe Farbtreue und weite Gesichtsfelder bieten. Pentax fertigte früher auch orthoskopische Okulare, die zur Weltspitze der Okulare mit 0,965 Zoll Durchmesser gehörten. Gelegentlich findet sich noch das ein oder andere Einzelstück.

Teleskop-Service
www.teleskop-service.de
Die Firma Teleskop-Service hat mehrere eigene Okularproduktlinien im Angebot. Vor allem zwei Modellreihen sind beliebt: Die TS Super Plössls kosten zwischen 39,– und 49,– Euro, die Weitwinkelokulare TS SWM um 69,– Euro decken die kurzen und mittleren Brennweiten ab.

Tele Vue
www.televue.de
In den 1980ern entwickelte Al Nagler, ein Optikingenieur aus der Luftfahrtindustrie, einen revolutionären Okularsatz: bemerkenswerte 82 Grad scheinbares Gesichtsfeld, gestochen scharfe Optik und guter Augenabstand. Heute ist seine Firma Tele Vue zum Synonym für hochwertige Okulare geworden – Sie brauchen jedoch eine Übersichtstabelle, um bei den zahlreichen Modellen den Überblick zu behalten. Die Produktlinien Nagler Typ 4, 5 und 6 (deren Preise bei 319,– bis 379,– Euro beginnen) umfassen einen weiten Brennweitenbereich. Die Weitwinkel-Panoptics (239,– bis 579,– Euro), und darunter besonders die 19- und 27-Millimeter-Modelle, sind bei den Besitzern großer Dobson-Teleskope beliebt. Die Radian-Serie (rund 240,– Euro) gilt als Tele Vues Aufwertung orthoskopischer Okulare. Daneben gibt es eine Reihe hochwertiger 1,25-Zoll-Plössls (99,– bis 269,– Euro).

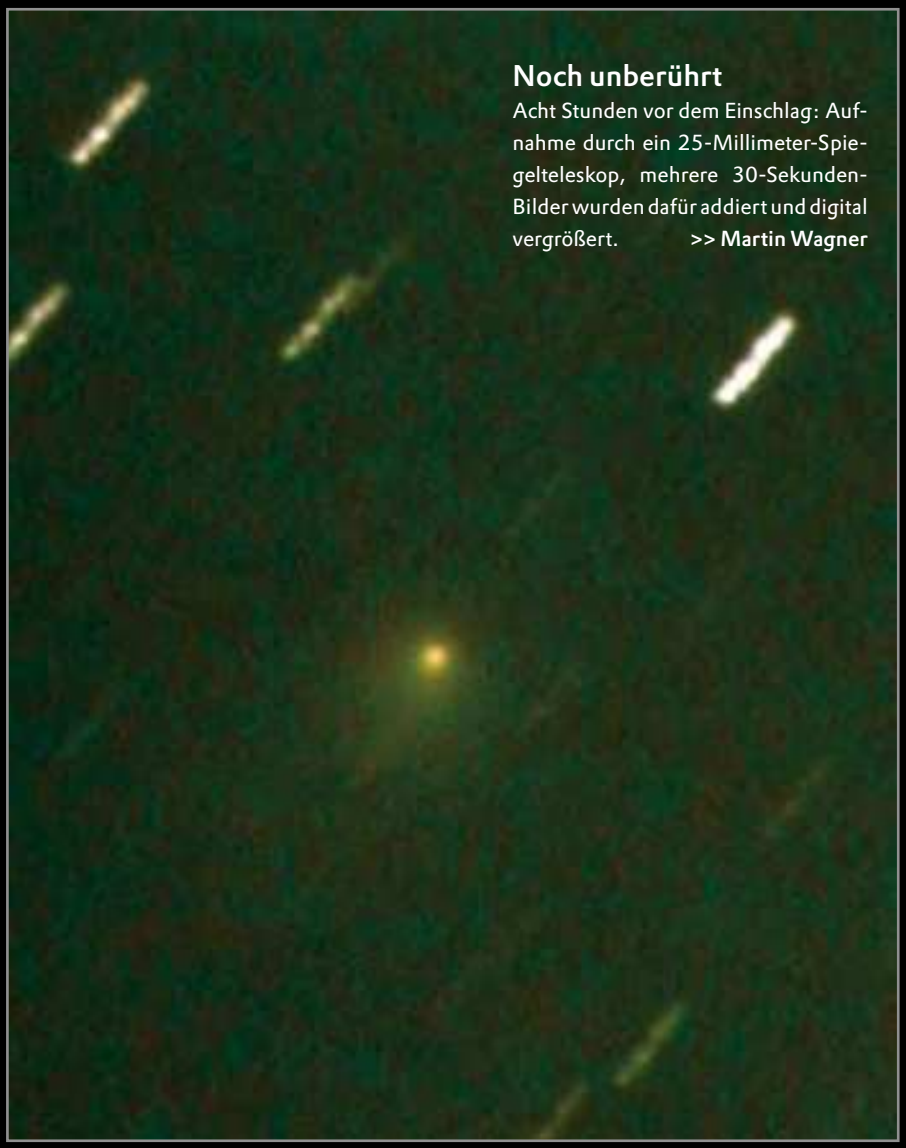
Vor die Qual der Wahl stellen diese Okulare die Sterngucker. Zwei oder drei mit verschiedenen Brennweiten sollten jedoch den Grundbedarf schon befriedigen.

University Optics
www.apm-telescopes.de
Dieses Unternehmen hat sich auf die Fertigung hochwertiger Okulare zu akzeptablen Preisen spezialisiert. Den Kern der Produktlinie bilden die orthoskopischen Okulare, die für ihren Preis mehr bieten als fast jedes vergleichbare Okular auf dem Markt. Die gleichen Okulare sind in Deutschland über Kasai-Vertragshändler zu beziehen und kosten zwischen 69,– und 75,– Euro.

Vixen
www.vixen-europe.com
Von diesem japanischen Hersteller stammen ursprünglich die Modelle mit großem Augenabstand, die Lanthan-Okulare (152,– bis 255,– Euro). Sie gelten noch immer als hervorragend. Außerdem bietet Vixen als Konkurrenz zu Tele Vues Panoptic-Produktlinie eine Weitwinkelmodellreihe an (306,– bis 408,– Euro).

Tempel 1 versteckt sich

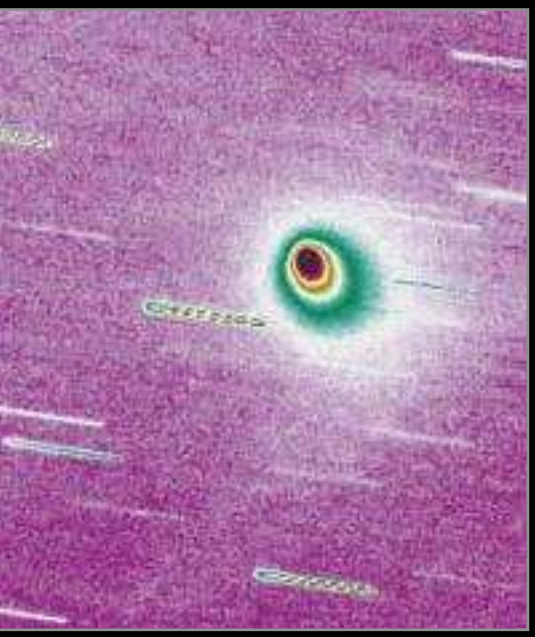
Als das Projektil der Sonde Deep Impact in Tempel 1 einschlug, befand sich der Komet für Beobachtungen in einer ungünstigen Position. Fotografiert haben ihn unsere Leser dennoch – kurz davor und danach.



Noch unberührt
Acht Stunden vor dem Einschlag: Aufnahme durch ein 25-Millimeter-Spiegelteleskop, mehrere 30-Sekunden-Bilder wurden dafür addiert und digital vergrößert. **>> Martin Wagner**

Urlaubsschein

Der Artikel »Sinfonie des Sonnenlichts« (AH 6/2005) schärfte den Blick für den Sonnenhalo. Canon EOS 500 mit Fünfzig-Millimeter-Objektiv und Fisheye **>> Jürgen Blodszun**



Vorher … nachher

Mitte April ließ Tempel 1 sich noch gut beobachten. Links eine kontrastverstärkte Negativdarstellung, rechts daneben verdeutlichen Falschfarben Helligkeitsunterschiede in derselben Aufnahme. Die beiden Fotos ganz rechts zeigen den Kometen nach dem Einschlag; die asymmetrische Koma mit ihrer nordwestlichen Ausrichtung ist gut zu erkennen. Alle drei Bilder wurden durch ein Zehn-Zoll-Maksutow-Cassegrain bei f/10 aufgenommen.

>> Stefan Seip

Monduntergang
Geradezu unwirklich strahlt der Mond über der Insel La Palma. Fotografiert mit Canon 10D, bearbeitet mit AstroArt und PhotoImpact **>> Stephan Glutz**

In einer einzelnen Wolke über den Baumwipfeln bricht sich um die Mittagszeit das Sonnenlicht (oben). Fotografiert mit einer Canon EOS 300 D und einem Teleobjektiv mit 75 Millimeter Brennweite **>> Bernd Groß**

Über dem Peloponnes scheinen die Milchstraße und ihre Sterne in der Aufnahme (Canon EOS 300D, Iso 100) herunterzutropfen. **>> Anthony Ayiomamitis**

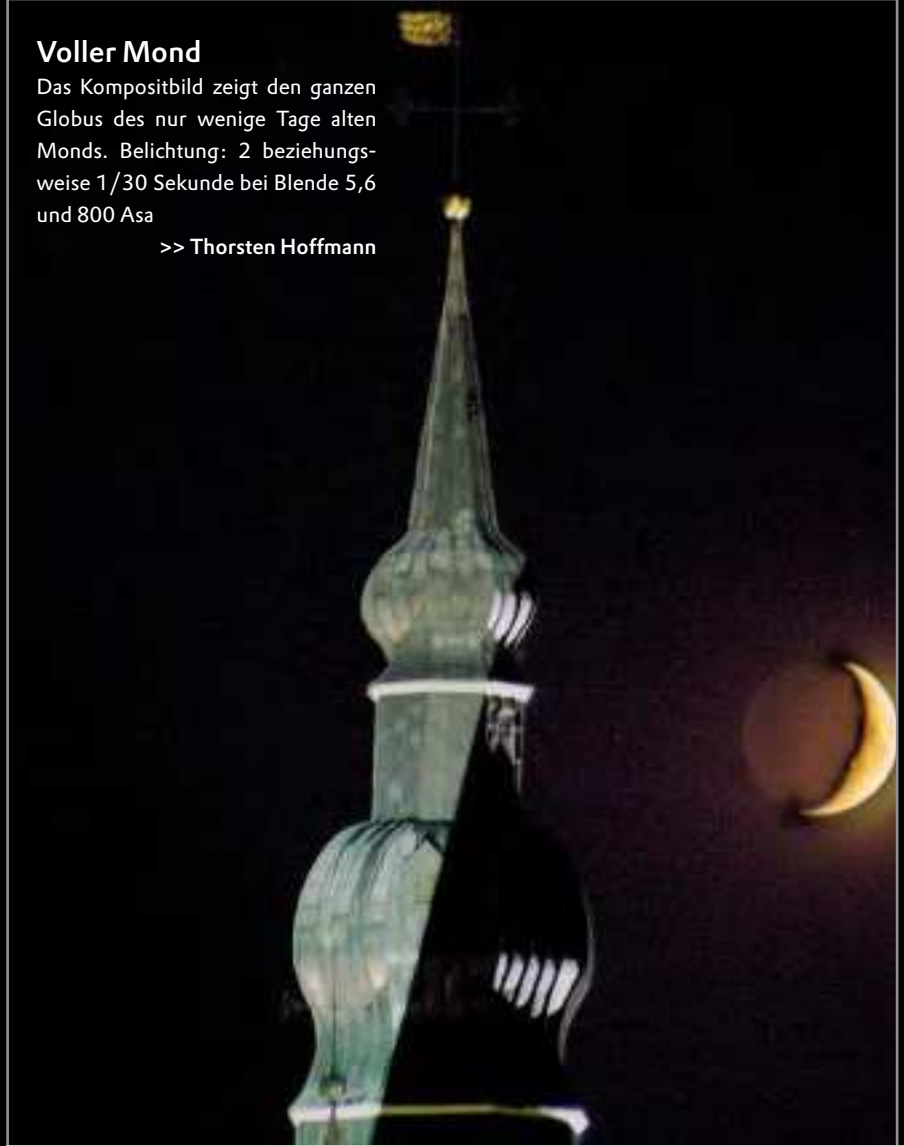
Sommerlicher Ausblick

Hantel- (rechts, siehe auch S. 36) und Lagunennebel (unten, auch S. 44) gehören zu den Höhepunkten am Sommerhimmel. Beide wurden bei Iso 800 mehrfach belichtet. **>> Rochus Hess**

Voller Mond

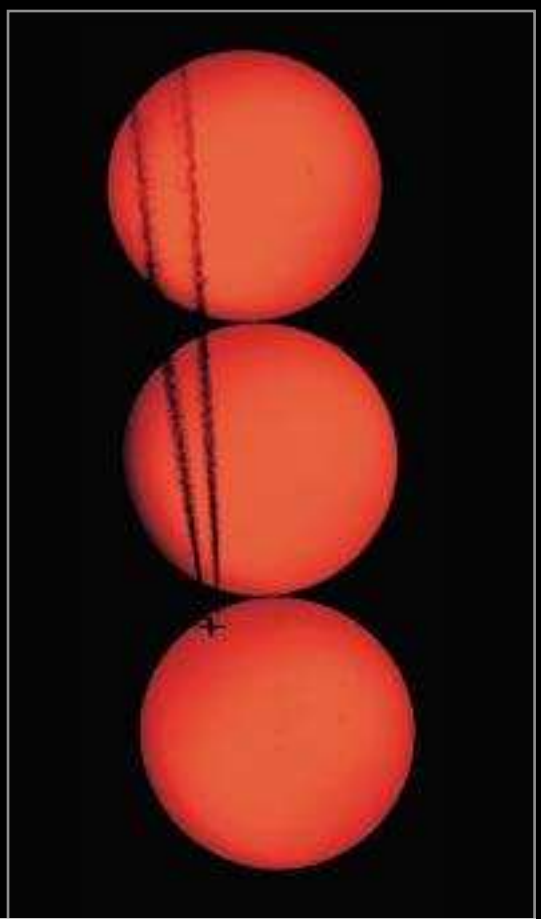
Das Kompositbild zeigt den ganzen Globus des nur wenige Tage alten Monds. Belichtung: 2 beziehungsweise 1/30 Sekunde bei Blende 5,6 und 800 Asa

>> Thorsten Hoffmann



Durchs Bild geflogen

»Nur schnell einige Belichtungstests aus der Hand machen« wollte der Fotograf mit seinem Coronado PST, da setzte sich ein Flugzeug vor der Sonne in Szene. **>> Christoph Otawa**



Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste und ungezippte JPEG-Bilder. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH · Redaktion ASTRONOMIE HEUTE · Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg · E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Eine Lücke für die Sterne

Wer von Wolken ungestört den Nachthimmel beobachten will, sollte vorher unbedingt Satellitenbilder zu Rate ziehen.

>> Sven Titz

Ein wunderbarer Tag mit Sonnenschein geht zu Ende, die Schönwetterwolken zerfasern – eine ideale Nacht zum Sterngucken kündigt sich an. Ganz sicher? Hätte man nur auf den Horizont im Westen geachtet! Da bahnt sich nämlich etwas an: »Wenn sich der Himmel bei Sonnenuntergang mit einem Schleier überzieht, ist oft schlechtes Wetter im Anmarsch«, sagt Stefan Seip, Astrofotograf in Stuttgart. Der Kontrollblick zum westlichen Himmel vor der Planung einer Sternennacht ist ihm daher mittlerweile zur Gewohnheit geworden.

Wer sich sicher sein will, dass ihm in der Finsternis nicht bloß Wolken vor die Linse geraten, der hat mehrere Möglichkeiten, sich vorher schlau zu machen (siehe Kasten). Am einfachsten ist es, den Wetterbericht im Fernsehen oder im Internet genau zu verfolgen.

Keine guten Vorhersagen

Vor allem die Infrarotbilder der Noaa-Satelliten (National Oceanic and Atmospheric Administration) helfen hier bei der Vorbereitung. Besonders der zeitliche Verlauf der Satellitenaufnahmen ist wichtig: Seip schaut sich die Bilder der Reihe nach an und achtet darauf, ob sich die Wolken eher auflösen oder verdichten. »Das erfordert zwar etwas Erfahrung, ist aber nicht übermäßig schwierig«, so Seip. »Die gängigen Wetterberichte sind für Astrofotografen nicht besonders geeignet. Leider gibt es heute noch keine ausreichend guten Vorhersagen für die Wolkenbedeckung«, präzisiert er. Besonders was die erwähnten Schleierwolken (Zirren) angeht, wünscht sich Seip genauere Informationen, denn dieser dünne Himmelsbezug kann sehr störend sein. Schon in der Dämmerung sind Zirruswolken kaum noch zu erkennen. Gerade sie be-

Das Wetter im Netz

Im Internet finden Sterngucker viele Seiten, um eine Beobachtungsnacht vorzubereiten. So lässt sich die Wettervorhersage der einzelnen Fernsehsender meist auch im Netz nachlesen. Der Deutsche Wetterdienst betreibt mit www.wetter.com eine sehr informative Seite. Speziell für Hobbyastronomen gedacht ist www.astrowetter.com, wo es hoch aufgelöste Satellitenbilder gibt. Einen aktuellen Radarfilm vom privaten Wetterdienst Meteomedia, finden Sie auf der Seite wetter.t-online.de/radar.php. Besonders für den süddeutschen Raum geeignet ist die Seite pages.unibas.ch/geo/mcr/3d/meteo/index.htm. Die Universität Basel präsentiert dort Wolkenvorhersagen für die Schweiz und das deutsche Grenzgebiet. www.wetterzentrale.de bietet zahlreiche Infos auf professionellem Niveau.

hindern aber nachts den Blick auf nur schwach leuchtende Himmelsobjekte.

»Bei Schauerwetter hingegen helfen oft Radarbilder weiter«, sagt Bernd Loibl, der lange das Planetarium Wolfsburg leitete. Die Radarfilme vermitteln einen Eindruck davon, wie weit die Schauer voneinander entfernt sind und ob sie sich auflösen. Zwischen den Schauern einer Kaltfront sind die Sichtbedingungen mitunter ausgezeichnet.

Doch manchmal ist der Himmel auch komplett grau. Wer bei so einer verhangenen Wetterlage eine Lücke erhaschen will, kann sich die Wirkung von Gebirgen zu Nutze machen. Der 28. Oktober 2004 war so ein Tag: »Ganz Deutschland war mit einer dichten Wolkendecke überzogen«, erzählt Seip. In dieser Nacht gab es aber eine Mondfinsternis, die er sich nicht entgehen lassen wollte. Nachdem er sich gründlich bei den Spezialisten der Website astrowetter.com informiert hatte, wurde er schließlich im Berchtesgadener Land fündig. Dort heiterte eine Föhnlage den Himmel auf und so konnte er den kupferroten Mond mit der Kamera einfangen. Der Grund dafür: Strömt schlechtes Wetter auf eine Bergkette zu, dann herrscht auf deren Rückseite häufig Föhn. In seiner warmen Luft lösen sich Wolken oft schnell auf.

Dieser »Lee-Effekt« (Lee ist der nautische Begriff für die windabgewandte Seite eines Segelboots), hat aber auch einen Nachteil – die Luftunruhe hinter den Bergen ist groß. Dadurch funkeln die Sterne stark und die Planeten wabern geradezu im Okular. Man sagt dann, das »Seeing« ist schlecht. Seeing ist der englische Ausdruck für die Ruhe der Atmosphäre. Segelflieger wissen nur zu gut, dass es hinter Gebirgszügen häufig bis in große Höhen zu Turbulenzen von Luftmassen unterschiedlicher Wärme und Dichte kommt. Die Lichtstrahlen werden dann ungleichmäßig gebeugt, ähnlich wie im Hochsommer in der Luft über einer Landstraße, die vor Hitze glüht. Weil die Turbulenzzellen permanent in Bewegung sind, kann ein die Beobachtung störendes, ziemlich nervtötendes Flackern entstehen.

Mit der Transparenz der Atmosphäre – also ihrem Vermögen, Licht durchzulassen – hat das Seeing jedoch nichts zu tun. In klaren Winternächten etwa sieht man selbst schwach leuchtende Himmelsobjekte – doch die Sterne blinken auf Grund der Luftunruhe oft wie verrückt. Die Ursache liegt in den starken vertikalen Temperaturunterschieden. »Die ideale Jahreszeit für die Beobachtung, was das Wetter angeht«, sagt Seip, »ist das Frühjahr.« Dann sind auch die Nächte noch nicht so kurz und hell wie im Sommer. An manchen Frühlingstagen erlaubt die ruhige Luftschichtung exzellente Aufnahmen. Bei Trockenheit ist die Transparenz der Atmosphäre darüber hinaus oft hervorragend.

Gradmesser Kleiner Wagen

Wie durchsichtig die Atmosphäre ist, lässt sich gut an den Sternbildern ablesen, die das ganze Jahr über am Himmel stehen. Zum Beispiel am Kleinen Bären, der den Polarstern beherbergt (siehe »Der Polarstern – Drehpunkt am Himmel«, S. 30). An den matt leuchtenden Sternen dieses Sternbilds lässt sich mit einem Blick abschätzen, wie viele seiner Juwelen er in dieser Nacht preisgeben wird. Leider sind die Sichtbedingungen in Deutschland selten optimal. Die Observatorien der Profiastronomen werden meist in anderen Regionen gebaut, zum Beispiel im Wüstenstaat Arizona im Südwesten der USA.

Wenn Hobbyastronomen dem schönen Wetter hinterherreisen, kann das manchmal aber auch daneben gehen. »In den vier Wochen, in denen ich in Arizona war«, berichtet Seip, »gab es nur eine einzige gute Nacht zum Beobachten.« Aber er hatte Glück im Unglück: Genau zu dieser Zeit befand er sich auf einem hohen Berg mit fantastischer Sicht auf die Sterne. <<

Sven Titz schaut als promovierter Meteorologe gern prüfend zum Himmel – und als Autor für ASTRONOMIE HEUTE auch immer öfter in der Nacht.

WWW.ASTROWETTER.COM

Dreimal täglich werden die Bilder der in gut 800 Kilometer Höhe kreisenden Noaa-Satelliten aktualisiert. Ihre im Vergleich zu den Meteosat-Bildern hervorragende Auflösung und Schärfe ist ein Vorteil der niedrigen Umlaufbahn.

Harry Nussbaumer

Das Weltbild der Astronomie

vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2005
288 Seiten
zahlreiche farbige Abbildungen
ISBN 3-7281-2989-5
39,80 €

Universum für Einsteiger

Mehrere tausend Jahre lang hielt der Mensch sich und die Erde für den Nabel der Welt, um den alles kreiste. Als Nikolaus Kopernikus vor knapp fünfhundert Jahren das geozentrische Weltbild durch das heliozentrische ersetzte, löste er damit eine Erkenntnisrevolution aus. Heute wissen wir: Auch die Sonne steht nicht im Mittelpunkt des Universums. Mehr noch – das Universum hat überhaupt kein Zentrum. Der Urknall, in dem Raum und Zeit entstanden, fand gewissermaßen an jedem Ort des Weltalls statt.

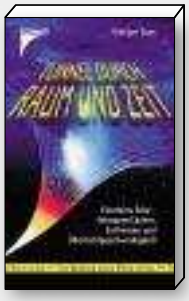
Dieser Sturz des kopernikanischen Weltbilds vollzog sich in den letzten hundert Jahren Stück für Stück. In dem Maß, in dem sich die Astronomie von der reinen Himmelsmechanik zur physikalischen Disziplin wandelte, die nach allen Regeln der Kunst die Strahlung der Himmelskörper analysiert, hat unser Wissen über den Aufbau des Universums und die Entwicklung der Planeten, Sterne und Galaxien rapide zugenommen. Der Autor Harry Nussbaumer, emeritierter Professor der ETH Zürich, war selbst an dieser Forschung beteiligt. Mit dem vorliegenden Buch nimmt er die Leser mit auf eine spannende Reise, die mit dem antiken Weltbild beginnt und in kurzen, verständlich präsentierten Etappen zu unserer modernen Beschreibung des Universums führt.

Die Aufgabe, die wesentlichen Fragestellungen, Messmethoden, Theorien und Befunde der heutigen Astronomie auf begrenztem Raum darzulegen, ist dem Autor virtuos gelungen. Gewiss, mancher Einzelaspekt – wie etwa die heute als beschleunigt angenommene Expansion des Universums – hätte ausführlicher behandelt werden können. Dennoch findet der Autor im Erzählfluss die Zeit, mit manchem beliebten Missverständnis aufzuräumen und auch die Leistungen von Astronomen hervorzuheben, die von der üblichen Geschichtsschreibung fast völlig vergessen wurden.

So wird der US-Astronom Edwin Hubble allzu oft als Entdecker der kosmischen Expansion gerühmt und als derjenige, der als Erster erkannte, dass Spiralnebel selbstständige Galaxien sind. Falsch, stellt Nussbaumer klar. Hubble habe zwar die Linearität zwischen der Rotverschiebung von Galaxien und deren Entfernung zur Erde herausgefunden, dies aber nicht als Expansion des Weltalls interpretiert. Bereits drei Jahre vor Hubble hatte Ernst Julius Öpik 1922 anhand beobachteter Rotationskurven den Andromedanebel M 31 klar als extragalaktisches Objekt erkannt.

Es sind solche Details, die Nussbaumers Buch angenehm von vergleichbaren Werken – die zumeist aus dem Englischen übersetzt wurden – unterscheiden. Ein Schwachpunkt ist allerdings das Register, das leider nicht auf alle im Buch vorkommenden Namen und Begriffe verweist. >> Uwe Reichert

Mit Warp 5 durchs All



Rüdiger Vaas

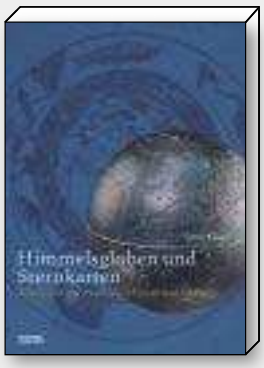
Tunnel durch Raum und Zeit
Einsteins Erbe – Schwarze Löcher, Zeitreisen und Überlichtgeschwindigkeit

Kosmos-Verlag, Stuttgart 2005
256 Seiten mit 30 Abbildungen
gebunden
ISBN 3-440-09360-3
16,95 €

Sind Sie Sciencefictionfan? Wenn ja, dann kennen Sie sich mit allerlei exotischen physikalischen Effekten sicherlich bestens aus. Überlichtschnelle Flüge dank dem Warp-Antrieb sind für Trekkies eine Selbstverständlichkeit. Stehen Sie auf Zeitreisen à la »Zurück in die Zukunft«? Doch was davon ist reine Fantasie oder Spekulation und was basiert auf einer physikalischen Grundlage?

Rüdiger Vaas beschreibt, mit welchen verwegenen Ideen Wissenschaftler die Grenzen der Relativitätstheorie und der Quantentheorie ausloten und zu welch erstaunlichen Schlussfolgerungen sie kommen. Ihre Ideen klingen vielfach wie aus einem Zukunftsroman entnommen. Es ist wohl kein Zufall, dass viele bedeutende Physiker wie Stephen Hawking auch SF-Leser sind. Sie geben offen zu, dass die Ideen in den Sciencefictiongeschichten sie dazu bringen, die Grenzen der Physik auszudehnen. 1996 startete sogar die amerikanische Raumfahrtbehörde Nasa das »Breakthrough Propulsion Physics Program«, in dem alternative Raketenantriebe untersucht wurden. Eine der Arbeiten beschrieb das Prinzip des Warp-Antriebs aus der Fernsehserie »Raumschiff Enterprise«.

Geschrieben im Stil einer Reportage, lässt der Autor die Forscher selbst ihre Erkenntnisse über Schwarze Löcher, Zeitreisen, Tunnel durch die Raumzeit und Überlichtgeschwindigkeit vortragen. Wer Lust auf wissenschaftliche Sciencefiction hat, dem sei das Buch wärmstens empfohlen. >> Hans Zekl



Ernst Künzl

Himmelsgloben und Sternkarten

Theiss-Verlag, Stuttgart 2005
128 Seiten mit 130 Abbildungen
ISBN 3-8062-1859-5
19,90 €

Sonne, Mond und Sterne im Altertum

Wer glaubt, Römer und Griechen dachten, die Erde wäre eine Scheibe, der irrt. Vor über 2000 Jahren war die Kenntnis der Himmelskörper schon weit entwickelt. Der beste Beweis dafür sind die antiken Himmelsgloben mit den zwölf Tierkreiszeichen, wie wir sie auch heute noch kennen.

Ernst Künzl, bis 2004 Direktor der römischen Abteilung am Römisch-Germanischen Zentralmuseum in Mainz, begab sich dazu auf die Spuren der frühen Astrologie und Astronomie.

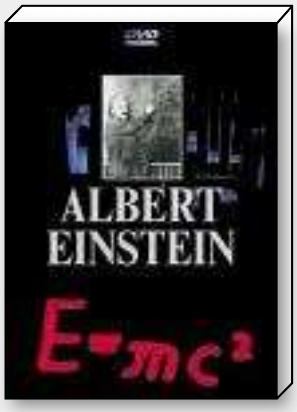
Angefangen bei den 17000 Jahre alten Höhlenmalereien von Lascaux, in denen man die Sonnen der nördlichen Sternbilder Schwan, Leier, Adler und Delfin erkennen kann, und über die jungsteinzeitlichen Kreisgrabenanlagen (vor zirka 6500 Jahren), deren Tore an astronomischen Fixpunkten orientiert sind, gelangt der Autor rasch in die Antike.

Dort beginnt im 7. Jahrhundert v. Chr. in Babylonien die mathematische Astronomie: Es finden sich Sternlisten und Vorausberechnungen von Finsternissen.

Wenn auch die Mehrzahl der antiken Gelehrten die Erde ins Zentrum unseres Sonnensystems rückte, äußerte bereits im Hellenismus der »Kopernikus der Antike«, Aristarchos von Samos (310–230 v. Chr.), eine heliozentrische Weltsicht. Durchsetzen konnte er sich mit seiner These, dass die Erde und die Planeten um die Sonne kreisen, allerdings nicht. Dennoch: Kalenderapparate, Astrolabien und eben die Himmelsgloben beweisen den fortgeschrittenen Stand der antiken Himmelskunde.

Für den an Astronomie Interessierten ist das Buch von Ernst Künzl sicherlich eine Bereicherung. Denjenigen, die sich mit diesem Thema noch gar nicht beschäftigt haben, macht der Autor den Einstieg allerdings nicht immer leicht. Zu kompliziert sind manche seiner Erklärungen. Zu detailiert sind beispielsweise die Ausführungen zu den antiken Himmelsgloben. Dabei gehen die geschichtlichen Grundzüge der Sternbeobachtung leider verloren.

>> Thomas Brock



Albert Einstein / E = m c²

Komplett-Media GmbH, München/Grünwald 2005
DVD-Typ 5, Bildformat 4:3, 90 Minuten Spielzeit
ISBN 3-8312-9140-3
39,95 €

Relativitätstheorie scheibchenweise

Die zweiteilige Fernsehproduktion beschreibt das wissenschaftliche und private Leben des berühmten Physikers. Im Mittelpunkt des ersten Teils stehen Einsteins frühe Jahre bis 1905. Damals machte der 26-jährige »Experte dritter Klasse« am Patentamt in Bern mit vier bahnbrechenden Veröffentlichungen auf sich aufmerksam – darunter auch jene, die heute als »Spezielle Relativitätstheorie« bekannt ist. Die filmische Dokumentation beleuchtet dabei nicht nur Einsteins ungewöhnliche Ideen, sondern auch sein Privatleben und den Briefwechsel mit seiner ersten Frau Mileva.

Der zweite Teil behandelt die Jahre nach 1905 mit dem krönenden Abschluss von Einsteins wissenschaftlicher Arbeit, der Allgemeinen Relativitätstheorie. Die Trennung von Mileva, eine erneute Heirat, schließlich der politische Umbruch in Deutschland und Einsteins Exil in den USA. Der große Wurf einer »Vereinheitlichenden Theorie«, von der er stets geträumt hatte, gelang ihm bis zu seinem Tod im Jahre 1955 nicht mehr.

Den Machern ist mit »Albert Einstein / E = m c²« ein hervorragender Film gelungen. Der Streifen stellt die Persönlichkeit des Physikers auf eindrückliche und überzeugende Weise dar. Es entsteht das Bild eines Mannes, der privat oft schwierig und manchmal auch innerlich zerrissen war und dem seine wissenschaftlichen Durchbrüche erhebliche Opfer abverlangten.

Der Film holt Einstein vom Sockel des unnahbaren Genies herunter, doch gerade dadurch lernt man umso mehr, seine wissenschaftlichen Leistungen zu würdigen und ihn als Menschen zu respektieren. Mein Urteil: sehr empfehlenswert.

>> Frank Schubert

Alle rezensierten Bücher können Sie bei wissenschaft-online bestellen

Internet: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869

TIPPS

TV-PROGRAMM

Donnerstag, 11. August

nano extra
Einstein und Zeit – Alles relativ
Massereiche Objekte wie die Erde dehnen die Zeit. Andreas Brauch von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) macht für »nano extra« ein Experiment: Er bringt seine extrem genaue Cäsiumuhr auf die knapp 3000 Meter hohe Zugspitze. Dort müsste sie wegen der geringeren Erdanziehung etwas schneller laufen als etwa im nur 75 Meter über Normalnull liegenden Braunschweig
3sat, 18.30 Uhr
Wdh. am 12.8. um 0.45, 7.00 und 9.45 Uhr

Forum 2 – Botschaften aus dem Reich des Lichts
Als Anfang April 2002 am Nachthimmel über Bayern eine spektakuläre Lichterscheinung auftaucht, laufen bei den Sicherheitsbehörden die Telefonleitungen heiß. Als Ursache erweist sich ein großer Meteorit. Weil er in unmittelbarer Nähe des berühmten Schlosses König Ludwigs II. eingeschlagen hat, taufen die Wissenschaftler ihn »Neuschwanstein«. Schon die Babylonier erforschten Lichtphänomene am Himmel und versuchten, darin Botschaften zu entdecken. Wie werden solche Beobachtungen heute gedeutet?
ZDF Doku, 3.15 Uhr
Wdh. um 8.45 und 16.45 Uhr sowie am 12.8. um 0.45, 6.30, 10.15, 14.30, 19.15 und 22.30 Uhr

ZDF / MICHAEL KERN, GRUPPE FÜNF, KÖLN

Samstag, 13. August

Deep Impact –
Der Schuss in den Kometen
Schweifsterne stammen aus weit entfernten Regionen des Sonnensystems und sind mehrere Milliarden Jahre alt. Am 4. Juli beschoss die Nasa-Raumsonde Deep Impact den Kometen Tempel 1 mit einem Impaktor. Das Projektil sprengte Material heraus, das jetzt Aufschluss über Oberfläche und Kern des Kometen geben soll. Wie die Forscher mit solchen Methoden weit in die Vergangenheit blicken, zeigt diese Dokumentation
Discovery Channel, 7.25 Uhr
Wdh. am 20.8. um 9.15 Uhr

Donnerstag, 18. August

Sternstunden –
Die Zukunft der Milchstraße
Was wird aus unserer Heimatgalaxie?
ZDF, 4.00 Uhr

Dienstag, 23. August

Planet Wissen
Albert Einstein –
Das Jahrhundertgenie
Vor genau fünfzig Jahren starb Albert Einstein und vor hundert Jahren veröffentlichte er seine weltbekannte Relativitätstheorie. Der Einsteinkenner, Physiker und Buchautor Thomas Bührke ist Gast im Studio und stellt das Genie vor – den Privatmann und den Wissenschaftler
SWR, 14.00 Uhr

Mittwoch, 24. August

Abenteuer Wissen
Gefährliche Versuche –
Forschung im Grenzbereich:
Ins Bett für die Raumfahrt
Bettlägerig zu sein ist für die meisten Menschen eine Horrorvorstellung. 24 Frauen legten sich freiwillig für zwei Monate ins Bett – im Dienst der Forschung. An ihnen konnten Wissenschaftler der Europäischen Weltraumorganisation Esa die Auswirkungen lang anhaltender Schwerelosigkeit auf Astronautinnen erproben. Die Frauen nahmen Muskelabbau und Knochenschwund in Kauf und gingen auch psychisch an ihre

ZDF / ESA

Grenzen. Was bringt Menschen dazu, ihre Gesundheit für Versuche aufs Spiel zu setzen?
ZDF, 22.15 Uhr

Donnerstag, 25. August

Wunderbare Welt
König der Lüfte – Die Antonow 225
In der Ukraine Mitte der 1980er Jahre gebaut, sollte die Antonow 225 Raumfähren vom Typ Buran transportieren. Nach dem Zusammenbruch der UdSSR und einer Einsatzpause von zehn Jahren wird das größte Flugzeug der Welt nun wieder für den Lastentransport gestartet
ZDF, 14.15 Uhr

Donnerstag, 1. September

nachtstudio
$E = mc^2$ – Auf der Suche nach der Weltformel
Mit den Physikern Hermann Nicolai, Renate Loll und Christof Wetterich, der dieses Jahr den Max-Planck-Forschungspreis erhielt
3sat, 10.15 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

August bis Oktober: Die Fotoausstellung »Picturing the Universe« mit Bildern von Stefan Seip ist bis zum 16.10. im Stuttgarter Planetarium zu sehen. Der begleitende Vortrag »Faszination Astrofotografie« findet am 7.9. um 20 Uhr statt
Info: Stefan Seip, Tel. 0171 3652200, E-Mail: seip@astromeeting.de oder Carl-Zeiss-Planetarium Stuttgart, Mittlerer Schlossgarten, D-70173 Stuttgart, Tel.: 0711 1629215, Internet: www.planetarium-stuttgart.de

2.–4.9.: Das Herzberger Teleskoptreffen kann in diesem Jahr nicht, wie zunächst angekündigt, in der Bahnsdorfer Jagdhütte stattfinden. **Neuer Veranstaltungsort** ist das Uebigauer Vereinsheim. Info im Internet: www.herzberger-teleskoptreffen.de

SkyWatch Contest
Astronomiebegeisterte in Europa zu vernetzen ist ein Ziel von SkyWatch. Im Rahmen dieses Projekts wurde ein Astronomiewettbewerb für Schüler, Studenten und Hobbyastronomen ausgeschrieben. Experten unterstützen die Teilnehmer online bei der Ausarbeitung ihrer Projekte, die bis zum 30. September eingereicht werden können. Zum Einstieg gibt es Astronomieunterricht und Beobachtungsmaterial im Internet. Später besteht die Möglichkeit, ferngesteuerte Teleskope zu nutzen. Die Gewinner werden im November nach Athen zur Europäischen Wissenschaftswoche eingeladen.
Teilnahmebedingungen und Bewerbung im Internet unter: www.sky-watch.org

Info: Lars Bollen, Universität Duisburg-Essen, Institut für Informatik und Interaktive Systeme, Lotharstr. 63, D-47057 Duisburg, Tel. 0203 3794178, E-Mail: bollen@collide.info

VDS

10.9.: Astronomietag 2005. Unter dem Motto »Unsere Nachbarn im All« ruft die Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) zum dritten bundesweiten Astronomietag auf. Sternwarten, Planetarien, Vereine und Institute bieten gleichzeitig Veranstaltungen rund um Mond, Mars und Venus, unsere direkten Nachbarn im All an. In diesem Jahr wird es erstmals eine zentrale Veranstaltung mit Vorträgen, einer Ausstellung sowie einer Planetariumsführung und abendlichen Beobachtungen an der Sternwarte Welzheim geben. Info: Vereinigung der Sternfreunde, Am Tonwerk 6, D-64646 Heppenheim, E-Mail: vds-astro@t-online.de, Internet: www.astronomietag.de

17.–21.10.: Zum vierten Mal lädt der Arbeitskreis Astronomie im Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V. (MNU) Astronomie- und Physiklehrer zur Fortbildung »Astrobux« nach Buxtehude ein. Lehrer, die selbst Unterrichtskonzepte präsentieren können, oder Schüler, die ihre Jahresarbeit in Astronomie oder einen Beitrag für »Jugend forscht« vorstellen möchten, sollten sich bis zum 1. Oktober anmelden. Während der einwöchigen Tagung werden zudem Referenten aus Universitäten, Max-Planck-Instituten und der Raumfahrtindustrie neue Methoden, Projekte und Ergebnisse vorstellen – diese Vorträge sind öffentlich. Zum Abschluss der Astrobux besteht am Freitag die Möglichkeit, an Exkursionen teilzunehmen, zum Beispiel zur Sternwarte Hamburg, zum Desy oder zum Universum Science Center Bremen. Info und Anmeldung: Arbeitskreis Astronomie im Förderverein MNU, Braunschweiger Straße 4, D-21614 Buxtehude, Tel.: 04161 62341, E-Mail: astrobux@online.de, Internet: www.astrobux.de

10.–11.9.: 2. Göttinger Astronomietage in der Volkshochschule Göttingen, Theodor-Heuss-Straße 21. Von Astronomischen Versuchen über die Beobachtung von Planeten bis hin zu selbst gebackenen Kometen erstreckt sich das Programm. Info: Amateurastronomische Vereinigung Göttingen e. V., Matthias Elsen, Bramwaldstraße 6a, D-37081 Göttingen, E-Mail: maelavg@aol.com, Internet: www.avgoe.de

10.9.–11.9.: Neubrandenburger Tage der Raumfahrt. Stargäste sind der US-amerikanische Raumfahrtexperte Dwayne A. Day sowie der chinesische Raumfahrtexperte Chen Lan. Ferner werden die russischen Kosmonauten Shalizan Scharipow (ISS-Crew 10) und Boris Wolynow (Salut 5) erwartet. Die Veranstaltung beginnt am Samstag um 14.30 Uhr. Aktuelle Kurzvorträge am Sonntag ab 9.30 Uhr. Info und Anmeldung: Initiative 2000 plus, Lindenstraße 63, D-17033 Neubrandenburg, Internet: www.raumfahrt-concret.de

23.–25.9.: FAS-Tagung 2005. Im Josef-Brunauer-Zentrum feiert das Forum Astronomie »50 Jahre Amateur-Astronomie in Salzburg« und »25 Jahre Arbeitsgruppe für Astronomie am Museum Haus der Natur«. Info: Gerhard Grau, Tischlerstraße 8, A-5101 Bergheim/Salzburg, E-Mail: gerhard.grau@gmx.at, Internet: www.hausdernatur.at/astronomie

21.10.–23.10.: 50 Jahre Volkssternwarte Hagen/Westfalen. Tage der offenen Tür. Info: Volkssternwarte Hagen, Am Eugen-Richter-Turm, D-58001 Hagen/Westfalen, Tel.: 02331 59079, E-Mail: info@sternwarte-hagen.de, Internet: www.sternwarte-hagen.de

Auch Ihre Termine können hier kostenlos stehen! Für die Oktoberausgabe schicken Sie bis zum 18. August 2005 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

Teleskop-Service

Innovative Produkte auf dem neuesten Stand der Technik

GSO Dobsons BCR-Serie

- Hochwertiger kugelgelagerter und shiftingfreier 2" Crayford-Auszug
- Rollenlager in Azimut - bietet eine leichtgängige Verstellung, auch bei hoher Vergrößerung
- Hauptspiegelbelüftung
- Multivergüteter 8x50 Sucher mit guter Abbildung
- Okularseitiges Zubehör im Wert von ca. 150.- Euro

Verfügbare Varianten (BK-7 Spiegel)

• 8 Zoll:	200mm / 1200mm	... 498 €
• 10 Zoll:	250mm / 1250mm	... 698 €
• 12 Zoll:	300mm / 1500mm	... 998 €

TS Achromaten

Preise, Optik/Tubus:

- 102 / 660 oder 102 / 1000 mm ..... 298 €
- 127 / 820 oder 127 / 1200 mm ..... 498 €
- 152 / 990 oder 152 / 1200 mm ..... 698 €

Baader MaxBright Bino !

198 €

- Größere Prismen als bei vergleichbaren Modellen
- 23mm freie Öffnung
- Optischer Weg: 110mm
- Hochwertige "Hyperion Multivergütung" auf allen Glas Luftflächen
- uneingeschränkt für Deep Sky einsetzbar !

ATiK-CCD Kameras: ideal für Mars!

ATK - 1C - Farbkamera	... 279,-
ATK - 2C - Farbkamera	... 499,-
ATK - 1HS - S/W Kamera	... 378,-
ATK - 2HS - S/W Kamera	... 480,-
ATK - 16 - S/W Kamera	... 910,-
ATK - 16HR - S/W Kamera	... 1735,-

Atik Filterrad

126 €

Besonders schneller Wechsel von 5 x 1,25" Filtern ohne Kamera-Demontage! Beidseitiger T2-Anschluss!

Das Filterrad ist ideal für Beobachtung und Fotografie.

TS WA 2 Zoll Okulare

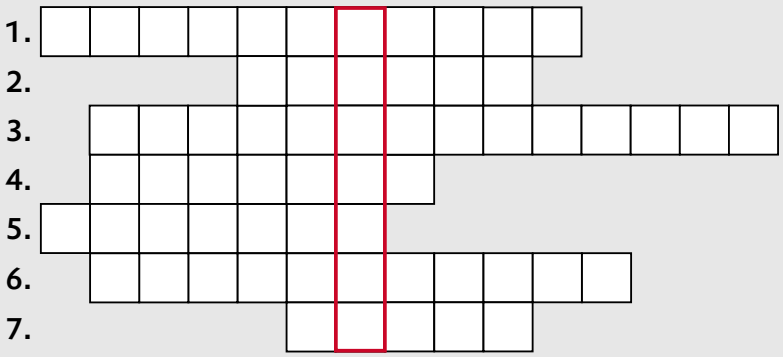
WA 30 mit 68° Gesichtsfeld	... 85 €
WA 32 mit 67° Gesichtsfeld	... 98 €
WA 42 mit 60° Gesichtsfeld	... 85 €
WA 50 mit 55° Gesichtsfeld	... 85 €

Teleskop-Service | Keferloher Marktstraße 19C, 85640 Putzbrunn - München | Tel. 089 - 189287-0, Fax 089 - 189287-10 | Internet: www.Teleskop-Service.de, E-Mail: Info@Teleskop-Service.de

PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie bis Weihnachten ein Teleskop mit ASTRONOMIE HEUTE! Teil 2

1. Amateurastronom, der im 20. Jahrhundert zahlreiche Veränderliche entdeckte, darunter HZ Herculis
2. Romantitel Jules Vernes: »Jagd auf den ...«
3. Mögliche Quelle von Gravitationswellen
4. Astronomiezentrum auf Hawaii, benannt nach einem Astronauten, der an Bord der Challenger umkam
5. Probennehmer der Asteroidensonde Hayabusa, auch: Kleinplanet (93)
6. Optisches Fernrohrzubehör, erhöht Vergrößerung
7. Highlight der Physik: Satellitenmission zur Messung der Ablenkung von Licht im gekrümmten Raum



Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 9 / 2005, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. Einsendeschluss ist der 5. 9. 2005. Teil 2 einer vierteiligen Rätselreihe. Das Lösungswort dieses Teils wird für das Lösen des Superrätsels um den Hauptpreis (»Reisedobson«) in der November-Ausgabe benötigt. Unter den jetzigen Einsendern werden weitere Sachpreise gezogen, siehe unten). Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner stehen in der November-Ausgabe, im Handel ab Donnerstag, dem 15. Oktober 2005.

Hauptpreis: »Reisedobson« Spiegelteleskop unter acht Kilogramm Gewicht mit 20-Zentimeter-Newton-Optik, komplett mit Montierung in einer handlichen Transportbox. Von Hofheim Instruments (www.hofheiminstruments.com), Wert: 1000,– €. Wird verlost unter den richtigen Einsendungen des Superrätsels mit den jeweiligen Lösungsworten aus den Rätseln der Ausgaben Juli/August, September, Oktober und November 2005.

Preise dieses Einzelrätsels:

1. Preis: »Albert Einstein – E = m c²« DVD, Stereo, Bildformat 4:3, Laufzeit zirka 90 Minuten, Produktion: WGBH, deutsche Fassung NDR, KM (www.komplett-media.de), 39,95 €.

2. Preis: »Wissen neu erleben – Astronomie« von Mark A. Garlick. Fest gebunden mit Schutzumschlag, 304 Seiten, BLV-Verlag, 24,90 €.

3. Preis: »Fasziniert von den Sternen – Abenteuer und Entdeckungen berühmter Hobby-Astronomen« von Timothy Ferris. Fest gebunden mit Schutzumschlag, 370 S., Kosmos-Verlag, 24,90 €.

4. Preis: zwei Eintrittskarten für das Cybernarium, Darmstadt. Neueste Technologien, faszinierende Wissenschaft interaktiv erleben (www.cybernarium.de), 24,– €.

Fachhandel für opt.Geräte und Astro -Teleskope
OPTIC MAKARIO
Optische u. feinmechanische Fachwerkstatt
41061 Mönchengladbach Aachener Str.81
Tel: 02161/172011 www.optik-makario.de
Geprüfte, präzise kollimierte Teleskope
Wir reparieren:
Teleskope, Photo-Objektive, Ferngläser, Spektive, Mikroskope
professionell - preiswert - präzise
Sky-Watcher Servicestation • Stützpunkthändler

Astro - ServiceCenter
Astro-Optik BOCK
ASC
Dalmerstraße 6
38112 Braunschweig
Tel.: 0531 / 2317815
Fax: 0531 / 2317816
info@astro-sc.de
www.astro-sc.de
Das Fachgeschäft in Norddeutschland mit der großen Auswahl!
Ehrliche und kompetente Beratung durch erfahrene Hobbyastronomen
Wir liefern Teleskope und Zubehör aller Hersteller

Celestron C14 OTA oranger Tubus, 2« Zenitspiegel und Sucher. VB 3500,– Euro. Telefon 0170 7804109, E-Mail: schoppy@web.de

Acht-Zoll-LX90-Komplettset! Verkaufe neuwertiges Meade LX 90 Schmidt-Cassegrain-Acht-Zoll-Teleskop, UHTC vergütete Optik, schweres Stativ, Autostar Handcontroller + Datenbank, weiteres Zubehör: LPI-Kamera mit Bildbearbeitungs- und Astrosoftware, motorisierte Feinfokussierung, PC-steuerbar, Meade Glas-Sonnenfilter, 25-mm-Super-Plössl-Okular, sattelbare Kamerahalterung, fahrbarer Koffer. 2500,– €. E-Mail: schoeffthaler@hotmail.com

LX-90 komplett in Alubox mit Stativ, Autostarter, Okularkoffer, Filter, Sternkarte, Taukappe, usw. VHB 2300,–€. 0179 2432712 oder E-Mail: xxxayjayxxx@aol.com

29-Zoll-Newton (73 cm Öffnung) Brennweite 3,30 Meter, sehr gute Optik, Dobson-Montierung, vierfach motorisiert (Nachf., Dek., Std., Handbox), VB 9800,– €. Tel. 08170 471

Bau einer Rolldachhütte als Standard- und Premiumausführung (auch mit elektrischem Antrieb) siehe unter http://www.rolldachhuette.de.vu

Ich sehe oft die tollen Bilder mit einer ToUCam Pro, die in AH gezeigt werden. Ich habe auch die nötigen Programme zur Bildbearbeitung, was mir fehlt, ist das Know-how. Wer kann mir helfen? S. Hanke, Tel.: 0162 7125424

»Saharasky« wurde im Oktober 2004 als erste private Sternwarte in Marokko eingeweiht. 400 m² Sternenterrasse mit super Saharahimmel ohne Lichtverschmutzung. Meade GPS und Refraktorteleskope. Kasbah Hotel unter deutscher Leitung.
www.saharasky.com

Fertigmodell »Lunar Rover« , Spitzenqualität, Maße ca. 22,5 x 17,5 x 27,5 cm, Maßstab: 1:18, auf Wunsch mit Acrylabdeckung
Anfragen an **Weltraum-Versand**, Stefan Böhle, Connollystraße 29/2, 80809 München (Tel./SMS: 0173/8198452)

Private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise für Kleinanzeigen:

Anzahl Zeilen	privat	gewerblich
bis zu drei Zeilen	22,–€	32,–€
jede weitere Zeile	5,–€	5,50€

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– ". Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer der jeweiligen Print-Ausgabe.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an:

Spektrum der Wissenschaft, Redaktion ASTRONOMIE HEUTE,
Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg,
Fax: 06221 9126-769, E-Mail:
kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist sechs Wochen vor Erscheinen des Hefts.

PRÄMIERTES WISSEN

Gewinnen Sie einen neuen Leser für ein Jahresabonnement von ASTRONOMIE HEUTE – und wählen Sie eine Dankesprämie!

»128 MB USB 1.1 Stick Silver« mit Verlängerungskabel und Trageband (ab Win 98)

»Universalgutschein BestChoice« über 30 €, einlösbar bei bis zu 100 Anbietern. Umtausch gegen Bargeld ist ausgeschlossen.

»Himmelsset für den Hobbyastronomen« mit Sternkartenbuch, Sternführer, drehbarer Sternkarte und Rotlicht-Taschenlampe

Jahresabo spektrum**direkt.** Die tägliche Wissenschaftszeitung im Internet mit über 12000 Archivartikeln und vielen Links.

Bestellen können Sie per Post: über den Beihefter, per Telefon: 06221 9126-743, per Fax: 06221 9126-751, oder unter:
www.astronomie-heute.de/abo

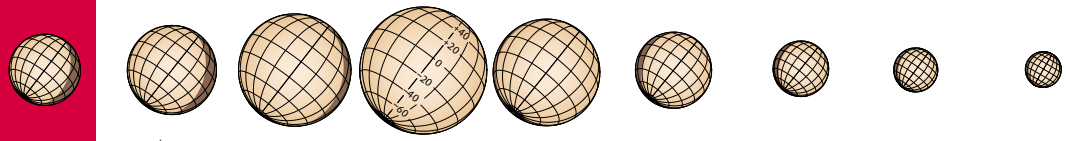
VORSCHAU

Oktober-Heft ab 15. September 2005

Die ultimativen Monster

Schwarze Löcher, so massereich wie kleine Galaxien. Was stellen Sie mit ihrer Umgebung an? Nur selten geht es so friedlich zu, wie auf dieser Illustration …

NASA / STSCI, G. BACON



S&T / AH

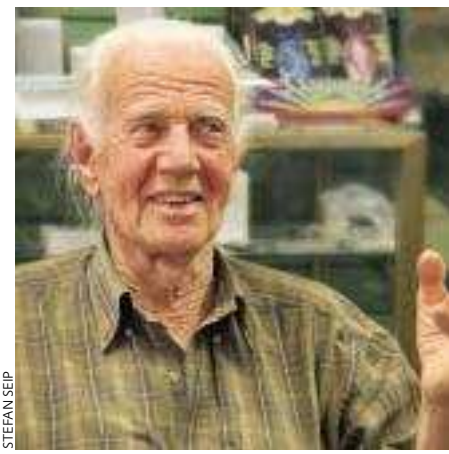
Mars ist zurück!

Nach der Jahrtausendopposition 2003 kommt uns der Rote Planet im Herbst dieses Jahres zum letzten Mal bis 2018 so nahe

MIT FRDL. GEN. VON S & T, P. DEANS

Sofi über Europa

Zum Tag der Deutschen Einheit schenkt uns Mutter Natur ein seltenes Schauspiel: eine Sonnenfinsternis. In Deutschland ist sie partiell, in Spanien ringförmig



STEFAN SEIP

Mr. Dobson

Besuch bei John Dobson: Der Amerikaner ist der einzige lebende Mensch, nach dem ein Fernrohrtyp benannt ist.

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker, Stephan Fichtner, Dr. Joachim Schüring
Ständiger Mitarbeiter: Dr. Frank Schubert
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Redaktionsassistenz: Eva Kahlmann, Ursula Wessels
Redaktionsanschrift: Postfach 104840, D-69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-711, Fax: 06221 9126-729
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Mitarbeit in diesem Heft: Corinna Karow, Dr. Rainer Kayser, Stephen Koszudowski, Dagny Lüdemann, Dr. Rainer Riemann, Stefan Seip, Dr. Sven Titz
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: marketing@spektrum.com
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Leser-Service: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: marketing@spektrum.com
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o Zenit Pressevertrieb GmbH, Julius-Hölder-Str. 47, D-70597 Stuttgart, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste vom Januar 2005.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2005 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728
www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope, Sky Publishing Corporation,
49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA
President/Publisher: Susan B. Lit
Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.
Marketing Director: Marcy L. Dill

Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.